

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

**Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de
amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca
(*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone**

Beatriz Valcárcel Yamani

Versão corrigida da Tese conforme resolução CoPGr 6018.
O original encontra-se disponível no Serviço de Pós Graduação da FCF/USP.

Tese para obtenção do grau de
DOUTOR

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2015

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

**Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de
amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca
(*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone**

Beatriz Valcárcel Yamani

Tese para obtenção do grau de
DOUTOR

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Valcárcel Yamani, Beatriz
V141s Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto
(*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e
maca (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone / Beatriz
Valcárcel Yamani. -- São Paulo, 2015.
237p.

Tese (doutorado) - Instituto de Química da Universidade de São
Paulo. Departamento de Bioquímica.
Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Panificação 2. Farinhas I. T. II. Lannes, Suzana Caetano
da Silva, orientador.

664.752 CDD

Beatriz Valcárcel Yamani

Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus L.*),
quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) e maca (*Lepidium meyenii W.*) na elaboração de
panetone

Comissão Julgadora

da

Tese para obtenção do grau de Doutor

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes
orientador/presidente

Prof. Dr. Flávio Finardi Filho

1 o . examinador

Prof. Dr. Luiz Antonio Gioielli

2 o . examinador

Profa. Dra. Caroline Joy Steel

3 o . examinador

Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca

4 o . examinador

São Paulo, 02 de junho de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre ao meu lado, pela força para enfrentar as dificuldades, pelo amor e as oportunidades que me concedeu.

À minha orientadora, Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes pela oportunidade, paciência, apoio e confiança durante a realização deste trabalho. Agradeço pela oportunidade e por contribuir para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica FCF/USP e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica – Área Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao pessoal administrativo do departamento, nas pessoas de Miriam, Tânia, Elza, Ivani, Nilton, e Alexandre pelo auxílio, cordialidade e disposição.

Aos professores Yoon Kil Chang e Caroline Joy Steel por disponibilizar a estrutura e os equipamentos do Laboratório de Cereais do Departamento de Tecnologia de Alimentos (FEA/UNICAMP).

À técnica Alessandra Silva Coelho pela amizade, auxílio e boa disposição.

Ao Professor Flavio Finardi Filho, pela primeira oportunidade. Agradeço de maneira especial por toda a aprendizagem e contribuição fundamental para o meu desenvolvimento como profissional.

Aos professores Flavio Finardi Filho, Luiz Antonio Gioielli, Caroline Joy Steel, Solange Guidolin Canniatti Brazaca, Yoon Kil Chang, Ligia Bicudo de Almeida Muradian, Jorge Andrey Wilhelms Gut, Julio Orlando Tirapegui Toledo e Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira, membros da Comissão Julgadora, pelo tempo dedicado a revisão deste trabalho e pelas valiosas sugestões.

Às empresas DANISCO, BUNGE, GRASSE Aromas e Ingredientes, Roquette Freres, pelo apoio através do fornecimento das matérias primas.

Às colegas de laboratório Juliana, Natasha, Raquel, Poliana, Thamires e Fernando, pela convivência e os momentos agradáveis.

Aos amigos e colegas deste e outros departamentos pela ajuda e amizade.

À Dra. Gerby Giovanna Rondán Sanabria, pelo incentivo, apoio e amizade. Obrigada de novo pelos conselhos e por estar sempre disposta a me ajudar.

Aos meus amigos-irmãos Janaina, Alexandre, Claudia, Elaine, Valdir, Michel, Pamela e Vicente pelo exemplo e em especial pelo carinho.

À minha família pela ajuda e incentivo.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

*Feliz o homem que acha sabedoria
E o homem que obtém discernimento;
Ganhar sabedoria é melhor do que ganhar prata,
E obtê-la é melhor do que obter ouro.
(Provérbios 3:13-14)*

RESUMO

VALCARCEL YAMANI, B. **Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone.** 2015. 237p. Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

O aumento da demanda por alimentos saudáveis está estimulando inovações e o desenvolvimento de novos produtos na indústria de alimentos. O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e a quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) são pseudocereais que apresentam proteínas de elevado valor biológico e ácidos graxos insaturados além de outros compostos que atuam como antioxidantes. A maca (*Lepidium meyenii* W.), uma raiz anual ou bienal, é usada como ingrediente alimentar devido ao seu valor nutricional e conteúdo de fitoquímicos. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da adição das farinhas destas culturas em diferentes níveis sobre as propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais de panetone. Farinhas mistas de trigo e amaranto, quinoa ou maca nas porcentagens de 10 %, 20 %, 30 % e 40 % de adição, foram avaliadas durante as diferentes etapas de produção: misturas de farinhas, massa fermentada, massa assada e produto acabado. A adição favoreceu o escurecimento gradual das farinhas e variação no tamanho médio das partículas. Nas massas, foi observada a diminuição gradativa dos valores de estabilidade ao amassamento e tempo de desenvolvimento com diminuição da extensibilidade e aumento da resistência das massas. Nas massas fermentadas, a adição de 10 e 20 % de farinha de amaranto ou quinoa e 30 % de farinha de amaranto, não incrementou significativamente ($p > 0,05$) a firmeza da massa. No entanto, as formulações contendo farinha de maca mostraram aumento significativo ($p < 0,05$) no ponto de quebra, firmeza, consistência, coesividade e viscosidade da massa. O aumento da resistência com diminuição gradativa da extensibilidade das massas também foi observado. Nas massas assadas, houve diminuição da área total de células com aumento no número de células de gás de menor tamanho em amostras com adição de farinha de maca e amaranto. As formulações com 10 % de farinha de maca, 10 e 20 % de farinha de amaranto ou quinoa e 30 % de farinha de amaranto, apresentaram os melhores resultados, com valores de volume, altura, cor e firmeza próximos à formulação controle. A análise sensorial mostrou que o produto elaborado com adição de 30 % de farinha de amaranto apresentou a melhor aceitabilidade e intenção de compra. Dentro das condições experimentais, o panetone contendo 30 % de farinha de amaranto foi o mais promissor pela boa aceitabilidade do consumidor, podendo contribuir para incrementar a qualidade do produto. O panetone com 10 % de adição de farinha de maca também apresentou valores interessantes com pouca diferença se comparado com aquele enriquecido com farinha de amaranto. Na amostra contendo farinha de quinoa, a substituição com menos de 20 % de adição melhoraria a aceitabilidade do panetone enriquecido.

Palavras-chave: Misturas de farinhas; *Amaranthus cruentus*, *Chenopodium quinoa*; *Lepidium meyenii*; reologia; panetone.

ABSTRACT

VALCARCEL YAMANI, B. **Partial substitution of wheat flour by amaranth (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and maca (*Lepidium meyenii* W.) flours in the preparation of panettone.** 2015. 237p. Doctoral thesis - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo (BR), 2015.

The increased demand for healthy foods is stimulating innovation and new product development in the food industry. Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) are pseudocereals which have proteins with high biological value and unsaturated fatty acids, as well as other compounds which act as antioxidants. Maca (*Lepidium meyenii* W.), an annual or biennial root, is used as a food ingredient for human consumption due to its nutritional value and phytochemical content. The objective of this study was to evaluate the effect of amaranth, quinoa and maca flour addition at different levels on the physical-chemical, rheological and sensory properties of panettone. Composite flours of wheat and amaranth, quinoa or maca flours in percentages of 10 %, 20 %, 30 % and 40 % addition were evaluated during the different stages of production: flour blends, fermented dough, baked dough and finished product. The addition promoted a gradual flour darkening and tendency to yellow and red colors. In the dough, the gradual decrease in stability values to kneading and development time with decreased extensibility and increased dough resistance, were observed. In fermented doughs, the addition of 10 % - 20 % amaranth or quinoa flour and 30 % amaranth flour, did not increase significantly ($p > 0.05$) the dough firmness. However, formulations containing maca flour showed a significant increase ($p < 0.05$) of break point, firmness, consistency, cohesiveness and viscosity of the dough. Furthermore, it was also observed an increase in dough resistance with a gradual decrease in extensibility. In baked samples, there was a decrease of the total cell area with increased number of smaller gas cells in samples with maca and amaranth flour addition. Better results were observed in formulations with 10% maca flour, 10 – 20 % amaranth or quinoa flour and 30 % amaranth flour with values of volume, height, color and firmness close to the control. Sensorial analysis showed that sample containing 30 % addition of amaranth flour showed the better acceptability and purchase intention by consumers. Within these experimental conditions, panettone containing 30 % amaranth flour was the most promising for the good acceptability of the consumer and may contribute to improve the quality of the product. Sample with 10 % maca flour addition also showed interesting values with few differences when compared to that enriched with amaranth flour. In sample containing quinoa flour, wheat flour substitution with less than 20 % would improve the acceptability of the enriched panettone.

Key words: Flour blends; *Amaranthus cruentus*, *Chenopodium quinoa*; *Lepidium meyenii*; rheology; panettone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A) Planta de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) e grãos. B) Planta de amaranto (<i>Amaranthus</i> spp.) e grãos.	1
Figura 2 - Grânulos de amido de amaranto (<i>Amaranthus</i> spp.) e ilustração da semente em corte transversal e longitudinal. Adaptado de: Irving, Betschart e Saunders (1981) e Kong, Bao e Corke (2009).	9
Figura 3 - Grânulos de amido de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) e ilustração da semente em corte transversal e longitudinal. Adaptado de: Ando et al. (2002), Gallardo, Gonzáles e Ponessa (1997) e Prego, Maldonado e Otegui (1998).	10
Figura 4 - Variedades de maca após a fase vegetativa e farinha do produto.	23
Figura 5 - Morfologia do grão de trigo. Distribuição das estruturas do grão de trigo: Endosperma, farelo e gérmen (embrião). A) Corte longitudinal, B) Corte transversal. (Adaptado de Mattern, 1991).	27
Figura 6 - Proteínas insolúveis do trigo, formadoras do glúten, gliadina e glutenina.	29
Figura 7 - Representação dos mecanismos de ação das enzimas alfa e beta amilase nas cadeias de amilose e amilopectina presentes no amido (Fonte: Williams e Pullen, 1998).	34
Figura 8 - Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> utilizada como fermento em panificação.	35
Figura 9 - Diagrama da característica anfifílica do emulsificante. A) Atividade de um agente emulsionante iônico numa emulsão óleo/água. B) Atividade de um agente emulsionante não polar numa emulsão água/óleo. O grupo não-polar é conformado por cadeias apolares (cadeia de hidrocarbonetos) de difícil/impossível hidratação. O grupo polar (glicerol) é facilmente hidratável.	36
Figura 10 - Análise de imagens da estrutura do miolo de diferentes amostras comerciais de panetone (área de 60 mm x 60 mm).	75
Figura 11 - A) Farinógrafo. B) Exemplo de farinograma típico com indicação dos principais parâmetros medidos a partir da curva (Fonte: Bennion, 1970; Cogswell, 2008).	85

Figura 12 - A) Extensógrafo. B) Exemplo de curva gerada pelo extensógrafo com indicação dos principais parâmetros medidos a partir da curva (Fonte: Cogswell, 2008).	87
Figura 13 - Procedimento na análise do <i>falling number</i> (FN) (Fonte: Breadlink, 2012).	88
Figura 14 - Pães de forma preparados à base de farinhas de trigo com diferentes valores de <i>Falling Number</i> (FN) (Fonte: Perten Instruments, 2012).	89
Figura 15 - Sistema de coordenadas de cores. A) Plano de coordenadas de cromaticidade CIELAB: Eixo L* (Luminosidade) com valores que variam de zero (preto) até 100 (branco); o eixo a* varia de -a* (na direção do verde) até +a* (na direção do vermelho) e o eixo b* varia de -b* (na direção do azul) até +b* (direção do amarelo). B) Diagrama de cromaticidade a* e b* (Adaptado de: Konica Minolta, 2015).	90
Figura 16 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de trigo. As imagens se encontram em diferentes ampliações.....	102
Figura 17 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de amaranto. As imagens se encontram em diferentes ampliações.....	103
Figura 18 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de quinoa. As imagens se encontram em diferentes ampliações.....	104
Figura 19 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de maca. As imagens se encontram em diferentes ampliações.....	104
Figura 20 - Determinação do FN em farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca. Os símbolos representam a média (n = 3) e as barras representam o desvio padrão.	105
Figura 21 - Imagens das farinhas de: A) trigo; B) amaranto; C) quinoa e D) maca.....	109
Figura 22 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de amaranto. B-1) 10%; B-2) 20%; B-3) 30% e B-4) 40% de adição.	109
Figura 23 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de quinoa. C-1) 10%; C-2) 20%; C-3) 30% e C-4) 40% de adição.	110
Figura 24 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de maca. D-1) 10%; D-2) 20%; D-3) 30% e D-4) 40% de adição.	110

Figura 25 - Distribuição do tamanho de partícula das farinhas puras e farinhas mistas de trigo, A) amaranto (A0 = 0%; A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30%; A40 = 40% e A100 = 100% de adição de farinha de amaranto), B) quinoa (Q0 = 0%; Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30%; Q40 = 40%; Q100 = 100% de adição de farinha de quinoa) e C) maca (M0 = 0%; M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30%; M40 = 40% e M100 = 100% de adição de farinha de maca). As barras representam o desvio padrão.	113
Figura 26 - Análise farinográfica das formulações de farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca. A) Absorção (AA); B) Desenvolvimento (TDM); C) Estabilidade (Est.); D) ITM (Índice de tolerância à mistura). Os símbolos representam a média (n = 3) e as barras o desvio padrão.	115
Figura 27 - Diagrama esquemático da análise de <i>back extrusion</i> . (a) O <i>Probe</i> desce e começa a contatar com a superfície do alimento. (b) O alimento é comprimido e um pouco de líquido pode ser extraído. (c) O alimento é extrudado através do anel. (d) Curva típica.	137
Figura 28 - Fluxograma do processamento da massa de panetone.	143
Figura 29 - Análise de volume em massa de panetone. Amostras de massa antes (A) e depois (B) do período de fermentação.	144
Figura 30 - Microscópio eletrônico de varredura (SEM) Quanta 600FEG (FEI).	146
Figura 31 - Análise de <i>back extrusion</i> nas amostras de massa fermentada de panetone.....	147
Figura 32 - Análise de extensibilidade nas amostras de massa fermentada de panetone.....	148
Figura 33 - Imagem da formulação controle obtida após período de fermentação.	155
Figura 34 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de amaranto e obtidas após período de fermentação. A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição.	155
Figura 35 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de quinoa e obtidas após período de fermentação. Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição.	156

Figura 36 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de maca e obtidas após período de fermentação. M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição.	156
Figura 37 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da massa (formulação controle) após o período de fermentação (aumentos de 55 e 1000x).....	157
Figura 38 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das formulações com adição de farinha de amaranto. A, A1) 10%; B, B1) 20%; C, C1) 30% e D, D1) 40% de adição. As setas indicam supostas descontinuidades na fase de massa (aumentos de 55 e 1000x).....	158
Figura 39 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das formulações com adição de farinha de quinoa. E, E1) 10%; F, F1) 20%; G, G1) 30% e H, H1) 40% de adição. As setas indicam supostas descontinuidades na fase de massa (aumentos de 55 e 1000x).....	159
Figura 40 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da massa das formulações com adição de farinha de maca. I, I1) 10%; J, J1) 20%; K, K1) 30% e L, L1) 40% de adição (aumentos de 55 e 1000x).....	160
Figura 41 - Extensibilidade (distância em mm) e resistência à extensão (força em N) das formulações de massa de panetone com adição de farinhas de amaranto (A, A1), quinoa (B, B1) ou maca (C, C1).....	165
Figura 42 - Modelo de gráfico obtido no teste de Análise do Perfil de Textura (TPA). Firmeza: F1; Coesividade: A2/A1; Gomosidade: (F1)*(A2/A1); Elasticidade: L2/L1; Adesividade:ghj A3; Mastigabilidade: (Gomosidade)*(L2/L1); Resiliencia: A5/A4. Fonte: Modificado de <i>Stable Micro Systems</i> (2011).....	179
Figura 43 - Fluxograma do processamento da massa de panetone.	184
Figura 44 - Análise de imagem das massa assada de panetone elaborada com farinha de trigo (controle).	199
Figura 45 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de amaranto (10 – 40 % de adição).	200
Figura 46 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de quinoa (10 – 40 % de adição).	200

Figura 47 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de maca (10 – 40 % de adição).	201
Figura 48 – Determinação da firmeza do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.	204
Figura 49 - Determinação da elasticidade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.	205
Figura 50 - Determinação da coesividade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.	206
Figura 51 - Determinação da mastigabilidade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.	207
Figura 52 - Determinação da resiliência do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.	208
Figura 53 - Efeito do tempo de armazenamento na umidade das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição).....	209

Figura 54 - Resultados do teste de avaliação de aceitabilidade de amostras de panetone frutado elaborado com a adição de farinha de amaranto (30 %), quinoa (20 %) ou maca (10 %).	212
Figura 55 - Resultados da intenção de compra das amostras de panetone frutado elaborado com a adição de farinha de amaranto (30 %), quinoa (20 %) ou maca (10 %).	214
Figura 56 - Amostras de panetone. A) controle (farinha de trigo), B) 30% de adição de farinha de amaranto, C) 20% de adição de farinha de quinoa e D) 10% de adição de farinha de maca.	216

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química de quinoa e amaranto e comparação com alguns cereais e leguminosas (valores em %; intervalo entre parêntesis)	5
Tabela 2 - Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais presentes na quinoa, amaranto, milho e trigo junto às necessidades recomendadas pela FAO/OMS	8
Tabela 3 - Composição de ácidos graxos em sementes de amaranto, quinoa, trigo e milho (g/100g)	12
Tabela 4 - Conteúdo de vitaminas em quinoa, amaranto e cevada (mg/100g peso seco)	14
Tabela 5 - Composição de minerais em quinoa, amaranto, trigo e cevada (mg/100 g em base seca)	15
Tabela 6 - Composição química de raízes de maca (base seca)	24
Tabela 7 - Conteúdo de minerais de raízes de maca (base seca)	24
Tabela 8 - Classificação do trigo de acordo com valores da força de glúten, estabilidade e o Número de Queda (<i>Falling number</i>)	30
Tabela 9 - Volume específico, densidade e teor de umidade das amostras de panetone	66
Tabela 10 - Textura do miolo das amostras de panetone	69
Tabela 11 - Cor do miolo e da crosta em amostras de panetone	72
Tabela 12 - Análise de imagens da estrutura do miolo das amostras de panetone	74
Tabela 13 - Atividade de α -amilase e performance da farinha de trigo em panificação, em função do valor do <i>Falling Number</i>	89
Tabela 14 - Preparo das misturas de farinha de trigo, amaranto, quinoa e maca	94
Tabela 15 - Composição química em farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca	100
Tabela 16 - Determinação da cor em farinha de trigo (controle) e em misturas de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M) em 0 - 40% de adição ^a	107

Tabela 17 - Resultados da análise de extensografia das misturas de farinha de trigo (controle) e farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M) em 0 a 40 % de adição ^a	118
Tabela 18 - Coeficientes de correlação significativa ($p < 0,05$), determinados por relação entre os parâmetros físico-químicos e reológicos em misturas de farinha de trigo e farinhas de amaranto, quinoa ou maca em adições de 0 a 40%	121
Tabela 19 - Ingredientes utilizados para elaboração da massa de panetone*	142
Tabela 20 - Volume específico e densidade das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	149
Tabela 21 - Parâmetros de cor das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	151
Tabela 22 - Análise de imagem das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	153
Tabela 23 - Propriedades de textura em formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	163
Tabela 24 - Coeficientes de correlações significativas ($p < 0,05$) determinadas para relações entre os parâmetros físicos e reológicos em formulações contendo farinha de amaranto, quinoa e maca em 0 - 40% de adição	167
Tabela 25 - Ingredientes utilizados para a elaboração das massas de panetone.....	183
Tabela 26 - Composição centesimal em farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca.....	189
Tabela 27 - Composição centesimal e valor calórico das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M).....	190
Tabela 28 - Propriedades físico-químicas das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)	192
Tabela 29 - Análise da cor no miolo e na crosta das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M).....	195
Tabela 30 – Análise da estrutura do miolo das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)	198

Tabela 31 - Análise de textura das massas assadas de panetone com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M).....	202
Tabela 32 - Resultados da avaliação da aceitabilidade e intenção de compra das amostras de panetone frutado com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)	211
Tabela 33 - Propriedades físico-químicas de panetone com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	215
Tabela 34 - Análise do perfil de textura dos panetones com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)	217

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AACC	<i>American Association of Cereal Chemists</i>
ABITRIGO	Associação Brasileira da Indústria do Trigo
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemistry</i>
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAOSTAT	<i>Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i>
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FEA	Faculdade de Engenharia de Alimentos
OMS	Organização Mundial da Saúde
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
AA	Absorção de água
Am	Área celular média
Ar	Razão entre área da célula e área total
D(R/E)	Número proporcional
E	Extensibilidade
Est.	Estabilidade
FN	<i>Falling Number</i> (Número de queda)
ITM	Índice de tolerância à mistura
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
N	Número total de células
R	Resistência à extensão
Rm	Resistência máxima à extensão
TDM	Tempo de desenvolvimento da massa
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i>
α	Alpha
β	Beta
β'	Beta prima
γ	Gamma
δ	Delta
a*	Coordenada cromática – oposição verde e vermelho
b*	Coordenada cromática – oposição azul e amarelo
C* _{ab}	Croma/saturação
°C	Graus celsius
ΔE^*_{ab}	Diferença total de cor
H _{ab}	Tonalidade/tom
Kcal	Quilocalorias
L*	Luminosidade

g	Gramas
mg	Miligramas
mL	Mililitros
mm	Milímetros
N	Newton
nd	Não determinado
ns	Não significativo
p	Probabilidade
r	Coefficiente de correlação
s	Segundos
SD	Desvio padrão
U _{AM}	Unidades de atividade amilolítica
UB	Unidades Brabender
UF	Unidades farinográficas
µm	Micrómetro
UR	Umidade relativa

SUMARIO

CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA.....	1
1.1 PSEUDOCEREAIS: QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> WILLDENOW) E AMARANTO (<i>AMARANTHUS SPP.</i>).....	1
1.2 MACA (<i>LEPIDIUM MEYENII</i> W., BRASSICACEAE).....	22
1.3 TRIGO (<i>TRITICUM SPP.</i> , GRAMINEAE).....	25
1.4 PANETONE.....	32
1.5 JUSTIFICATIVA.....	44
1.6 OBJETIVOS	45
1.7 REFERÊNCIAS	46
CAPITULO 2: PARÂMETROS DE QUALIDADE EM ALGUMAS MARCAS DE PANETONE BRASILEIRO	57
2.1 INTRODUÇÃO	59
2.2 OBJETIVO	62
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	63
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
2.5 CONCLUSÕES.....	76
2.6 REFERÊNCIAS	77
CAPÍTULO 3: EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO (<i>AMARANTHUS CRUENTUS</i> L.), QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> W.) E MACA (<i>LEPIDIUM MEYENII</i> W.) NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DE MISTURAS DE FARINHAS	80
3.1 INTRODUÇÃO	82
3.2 OBJETIVOS	93
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	94

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
3.5 CONCLUSÕES.....	123
3.6 REFERÊNCIAS	125
CAPÍTULO 4: PROPRIEDADES FÍSICAS E REOLÓGICAS DE MASSAS DE PANETONE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO (<i>AMARANTHUS CRUENTUS</i> L.), QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> W.) OU MACA (<i>LEPIDIUM MEYENII</i> W.)	
4.1 INTRODUÇÃO	133
4.2 OBJETIVOS	140
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	141
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	149
4.5 CONCLUSÕES.....	169
4.6 REFERÊNCIAS	171
CAPÍTULO 5: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE PANETONE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO (<i>AMARANTHUS CRUENTUS</i> L.), QUINOA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> W.) OU MACA (<i>LEPIDIUM MEYENII</i> W.)	
5.1 INTRODUÇÃO	177
5.2 OBJETIVOS	181
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	182
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	189
5.5 CONCLUSÕES	218
5.6 REFERÊNCIAS.....	219
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	223

CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA

1.1 PSEUDOCEREAIS: QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLDENOW) E AMARANTO (*AMARANTHUS SPP.*)

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) e amaranto (*Amaranthus spp.*) (Figura 1) são pseudocereais indígenas oriundos da região andina da América do Sul e têm importância agrônômica em todo o mundo. Estas culturas são altamente nutritivas e resistentes em ambientes adversos. Podem ser adaptadas a diferentes condições ambientais, sendo inclusive cultivadas em solos pobres e em altitudes elevadas (GORINSTEIN et al., 2007; ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009). A quinoa e o amaranto têm potencial como ingredientes funcionais para adição em alimentos devido ao seu teor elevado de fibra alimentar e antioxidantes naturais, tais como os compostos fenólicos (GORINSTEIN et al., 2007). Estes pseudocereais foram culturas alimentares importantes nas civilizações Asteca, Maia e Inca e, nos últimos anos, têm atraído muito interesse industrial e comercial para constituir uma parte importante da dieta na América Latina, África e Ásia (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; QIAN, KUHN, 1999; CAPRILES et al., 2006). Atualmente, o cultivo de amaranto e de quinoa permanece relativamente baixo.

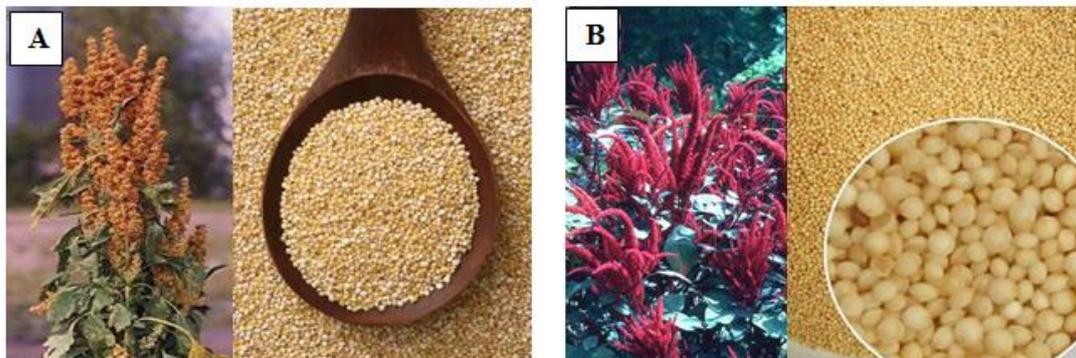


Figura 1 - A) Planta de quinoa (*Chenopodium quinoa*) e grãos. B) Planta de amaranto (*Amaranthus spp.*) e grãos.

De acordo com a FAOSTAT, em 2012, a produção de quinoa foi 44.213 toneladas no Peru, 45.782 toneladas na Bolívia, e 800 toneladas no Equador (FAOSTAT, 2012). Já dados de produção relativos ao amaranto não são viabilizados pela FAO. A quinoa também é cultivada no Chile, EUA (Colorado e Califórnia), China, Europa, Canadá e Índia, e seu cultivo está na fase de experimentação na Finlândia e Reino Unido (ABUGOCH, 2009). Além do México e países da América do Sul, os mais fortes interesses na investigação do amaranto e sua produção estiveram presentes também na Europa, especialmente Alemanha, Áustria, República Checa, Itália, Eslovênia, República Eslovaca, Hungria, Polônia, e Rússia. O amaranto foi introduzido na Espanha no século 16, de onde se espalhou por toda a Europa e no início do século 19 chegou à África e Ásia. Em meados dos anos 1970, o estímulo para a produção de amaranto e comercialização nos EUA foi iniciado pela Fundação Rodale e o Centro de Pesquisa Rodale. Na Ásia e na África, o amaranto é principalmente plantado como uma planta ornamental, e tem-se mantido como cereal minoritário somente na região do Himalaia, na Ásia (BERGHOFER, SCHOENLECHNER, 2002; SAUER, 1967; TUCKER, 1986). No Brasil, a fim de adaptar estes pseudocereais, experimentos com quinoa têm sido realizados desde 1987, com genótipos selecionados originários de populações híbridas. Desde meados de 1990, trabalhos com as três principais espécies de amaranto foram incluídos. Depois de anos de pesquisa, a Embrapa-Cerrados (Planaltina-DF) conseguiu adaptar o amaranto ao clima e solo brasileiros. *A. cruentus* BRS - Alegria foi a primeira cultivar recomendada para o solo do cerrado brasileiro (SPEHAR, SOUZA, 1993; SPEHAR et al., 2003).

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS DE QUINOA E AMARANTO

Pseudocereais são espécies dicotiledôneas que não estão intimamente relacionadas entre si ou com os cereais monocotilédones verdadeiros, por exemplo, trigo (*Triticum* spp), arroz (*Oryza sativa*) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; ANDO, et al., 2002; SILVA et al., 2009; LINDEBOOM et al., 2005; RANHOTRA, et al., 1993; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008; VALENCIA-CHAMORRO, 2003; CAPRILES et al., 2006). O nome “pseudocereal” deriva da sua produção de pequenos grãos, como

sementes, que se assemelham em função e composição aos grãos dos cereais verdadeiros. Este grupo é composto por três culturas: amaranto, quinoa e trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*, Polygonaceae). Todos eles contêm grandes grupos de proteínas de reserva de globulina 11S, quantidades menores de albuminas 2S, e globulinas 7-8S, que estão presentes no trigo sarraceno e amaranto (SILVA et al., 2009).

Botanicamente, a quinoa pertence à classe Dicotyledoneae, família *Chenopodiaceae*, gênero *Chenopodium*, e espécie quinoa. O nome completo da espécie *Chenopodium quinoa* Willd. inclui a abreviatura do autor correspondente, Carl Ludwig Willdenow. O gênero *Chenopodium* inclui cerca de 250 espécies de ambas as formas domesticadas e selvagens (ABUGOCH, 2009; VALENCIA-CHAMORRO, 2003). A classificação de quinoa doce e amarga depende do teor de saponinas. Por exemplo, a variedade doce contém um teor de saponina inferior a 0,11% (KOZIOL, 1993).

O amaranto pertence à ordem *Caryophyllales*, família *Amaranthaceae*, gênero *Amaranthus*, e à seção *Amaranthus* (BERGHOFER, SCHOENLECHNER, 2002; SAUER, 1967). O gênero *Amaranthus* inclui cerca de 60 espécies das quais três principais, originárias da América do Sul, são consideradas para a produção de grãos: *A. hypochondriacus* L. (México), *A. cruentus* L. (Guatemala), e *A. caudatus* L. (Peru e outros países andinos) (BERGHOFER, SCHOENLECHNER, 2002; BRESSANI, 2003; SAUER, 1967, SILVA et al., 2009).

As estruturas dos grãos de amaranto e quinoa diferem significativamente dos cereais tais como o milho (*Zea mays*) e trigo. As sementes de amaranto são pequenas (0,9 - 1,7 mm de diâmetro) com peso de mil grãos entre 0,6 - 1 g, possuem forma lenticular e a cor varia desde branco, ouro, castanho, preto e até mesmo rosa (BRESSANI, 2003; SILVA et al., 2009). As sementes de quinoa (1 - 2,6 mm de diâmetro) com peso de 350 grãos equivalente a 1 g são redondas, achatadas, de forma oval, e com cores que vão do amarelo pálido ao rosa ou preto (ABUGOCH, 2009; RUALES, NAIR, 1993; TAYLOR, PARKER, 2002).

Em sementes de amaranto e quinoa, o embrião ou germe é campilótropo e rodeia o perisperma rico em amido assemelhando-se a um anel e em conjunto com o revestimento da semente representam a fração de farelo, que é relativamente rico em gordura e proteína (BRESSANI, 2003; IRVING, BETSCHART, SAUNDERS, 1981; PREGO,

MALDONADO, OTEGUI, 1998; SCHOENLECHNER et al., 2010; TAYLOR, PARKER, 2002). A porcentagem de farelo é maior em sementes de amaranto e quinoa em comparação com os cereais comuns, o que explica os níveis mais elevados de proteína e gordura presentes nestas sementes (BRESSANI, 2003). No amaranto, o revestimento da semente é liso e fino, portando não é necessário removê-lo (BERGHOFER, SCHOENLECHNER, 2002; IRVING, BETSCHART, SAUNDERS, 1981). No pericarpo da quinoa há saponinas que conferem o seu sabor amargo característico (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). O tecido de armazenamento principal da semente é o perisperma (diplóide no número de cromossomos), e não o endosperma, que está presente apenas na região micropilar da semente (IRVING, BETSCHART, SAUNDERS, 1981; PREGO, MALDONADO, OTEGUI, 1998).

1.1.2 VALOR NUTRITIVO

1.1.2.1 PROTEÍNAS E AMINOÁCIDOS

O valor nutricional dos pseudocereais está principalmente ligado à suas proteínas, que são um importante grupo de biomacromoléculas envolvidas em diversas funções fisiológicas em humanos (GORINSTEIN et al., 2002). De acordo com a literatura, o teor de proteína varia de 14,0 a 16,5 % para o amaranto e 12,9 a 16,5 % para quinoa (Tabela 1) (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; KOZIOL, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Comparados com os grãos de cereais comuns, os teores de proteína (média de 14,60 % e 13,80 %, respectivamente) são significativamente mais elevados do que o de milho (10,20 %), mas próximos ao de trigo (14,30 %). O amaranto e a quinoa contêm baixos teores de proteína quando comparados com sementes de leguminosas, tais como feijão (*Phaseolus vulgaris*) (28,0 %) ou soja (*Glycine max*) (36,1 %) (KOZIOL, 1992).

Tabela 1 - Composição química de quinoa e amaranto e comparação com alguns cereais e leguminosas (valores em %; intervalo entre parêntesis)

Componentes	<i>Chenopodium quinoa</i> ^a	<i>Amaranthus spp.</i> ^a	Milho ^b	Trigo ^b	Soja ^b
Proteínas	13,80 (12,9 ^c – 16,5 ^b) *	14,60 (14,0 ^g – 16,0 ^g)	10,2	14,3	36,1
Lipídios	5,04 (5,2 ^d – 9,7 ^e)	8,81 (5,7 ^d -10,9 ^g)	4,7	2,3	18,9
Carboidratos	69,00 ^b (61,2 ^f - 72,6 ^e)	(68,8 ^h – 70,3 ^d)	81,1	78,4	34,1
Amido	67,35 (51,6 – 64,2 ^d)	55,10 (61,4 ^d - 65,8 ^g)	-	-	-
Fibra dietética	12,88 (13,3 ^d – 14,2 ^d)	11,14 (12,0 ^d – 20,6 ^d)	-	-	-
Cinzas (minerais)	3,33 (2,7 ^d – 3,8 ^b)	3,25 (2,4 ^g – 3,8 ⁱ)	1,7	2,2	5,3
Kcal/100g	399 ^b	-	408,0	392,0	451,0

Valor médio conforme relatado por ^aSchoenlechner, Siebenhandl e Berghofer (2008) e ^bKoziol (1992), base seca (proteína: N x 6.25).

* A faixa apresentada entre parênteses representa o intervalo do menor para o maior valor mostrado na literatura:

^c Dados de acordo com Ando et al. (2002), apresentados em base seca (proteína: N x 6.25).

^d Dados de acordo com Alvarez-Jubete, Arendt, Gallagher (2009), apresentados em base seca.

^e Dados de acordo com Ruales e Nair (1992), apresentados em base seca.

^f Dados de acordo com Chauhan, Eskin e Tkachuk (1992), apresentados em base seca.

^g Dados de acordo com Pedersen, Kalinowski, Eggum (1987), apresentados em base seca (proteína: N x 6.25).

^h Dados de acordo com Gross et al. (1989), apresentados em base seca.

ⁱ Dados de acordo com Becker et al. (1981), apresentados em base seca.

Em pseudocereais, a maior parte da proteína está localizada no embrião (VALENCIA-CHAMORRO, 2003) e, ao contrário de grãos comuns como trigo, as proteínas são compostas principalmente por globulinas e albuminas, contendo uma porcentagem baixa ou ausência de prolaminas, que são as principais proteínas de reserva em cereais as quais são tóxicas para portadores da doença celíaca (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; SILVA et al., 2009; VALENCIA-CHAMORRO, 2003). Devido ao baixo teor ou ausência de prolaminas, a quinoa e o amaranto são considerados grãos destituídos de glúten.

Duas classes principais de globulinas de armazenamento podem ser diferenciadas em amaranto: 7S (conamarantina) e 11S (amarantina) (MARCONE, 1999; MARCONE, YADA, 1997). Por outro lado, na quinoa as duas principais classes de proteínas são 11S (chenopodina) e 2S (*high-cysteine* - fração rica em cisteína) (BRINEGAR, SINE, NWOKOCHA, 1996). No entanto, a importância das proteínas nessas espécies de pseudocereais baseia-se também na sua qualidade nutricional. A qualidade nutricional da proteína é determinada pelas proporções de aminoácidos essenciais, ou seja, aqueles que não podem ser sintetizados pelo homem e, portanto, devem ser fornecidos através da dieta. Se um destes aminoácidos essenciais é limitante, os outros irão ser clivados e excretados, resultando em um crescimento pobre e perda de nitrogênio na dieta (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

A composição de aminoácidos de globulinas e albuminas difere significativamente das prolaminas. As primeiras contêm menos ácido glutâmico e prolina que as prolaminas, e mais aminoácidos essenciais como lisina, metionina, cistina, e histidina (Tabela 2), o que resulta em uma composição de aminoácidos bem equilibrada para proteínas de pseudocereais (GORINSTEIN et al., 2002; KOZIOL, 1992). O conteúdo de lisina na quinoa e amaranto é cerca de duas vezes mais elevada em relação ao teor encontrado em outros cereais, tais como trigo ou milho. A quinoa também apresenta maior teor de histidina do que milho ou trigo. Em comparação com o padrão de referência da FAO/OMS sugerido para pré-escolares, a quinoa apresenta o melhor perfil de aminoácidos, uma vez que não existe deficiência de qualquer aminoácido essencial. A quinoa apresenta elevados níveis de histidina, isoleucina, e aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) e tem semelhança no teor de leucina e triptofano. Quando comparada em relação aos requisitos estabelecidos pela FAO/OMS para crianças em

idade escolar e adultos, a proteína da quinoa pode fornecer mais de 150% das exigências para crianças em idade escolar e mais de 200% para adultos.

A proteína de amaranto possui um perfil de aminoácidos próximo do padrão de referência da FAO/OMS. Devido a que apresenta quantidades ligeiramente mais baixas do que as recomendadas para alguns aminoácidos como leucina, a combinação com outros cereais poderia ser necessária para atingir os requisitos recomendados (BECKER et al., 1981; SILVA et al., 2009; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER., 2008).

A elevada biodisponibilidade da proteína de pseudocereais tem sido demonstrada em estudos clínicos (GAMEL et al., 2004; RUALES, NAIR, 1992). Ranhosra et al. (1993) estudaram a fração protéica da quinoa e concluíram que a qualidade nutricional se mostrou similar ao valor da caseína. Gross et al. (1989) relataram um alto índice de eficiência protéica (PER) e uma alta digestibilidade aparente da quinoa. Além disso, os autores concluíram que o índice PER ligeiramente baixo do amaranto pode ser devido ao menor teor de isoleucina e digestibilidade aparente da proteína. Por outro lado, estudos têm demonstrado que a qualidade da proteína também pode ser afetada pelo processamento. Ruales e Nair (1994) observaram que a digestibilidade da proteína de quinoa é aumentada quando um tratamento térmico adequado é aplicado.

Tabela 2 - Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais presentes na quinoa, amaranto, milho e trigo junto às necessidades recomendadas pela FAO/OMS

Aminoácidos	Quinoa ^a	<i>Amaranthus</i> ^b spp.	Milho ^a	Trigo ^a	Necessidades recomendadas pela FAO/OMS ^a		
					(g/100 g proteína)		
					Pré-escolar	Crianças de escola	Adultos
Histidina	3,2	2,8 ^c	2,6	2,0	1,9	1,9	1,6
Isoleucina	4,4	3,6	4,0	4,2	2,8	2,8	1,3
Leucina	6,6	5,4	12,5	6,8	6,6	4,4	1,9
Lisina	6,1	5,6	2,9	2,6	5,8	4,4	1,6
Metionina + Cistina	4,8	4,5	4,0	3,7	2,5	2,2	1,7
Fenilalanina + Tirosina	7,3	7,3	8,6	8,2	6,3	2,2	1,9
Treonina	3,8	3,5	3,8	2,8	3,4	2,8	0,9
Triptopano	1,1	1,3	0,7	1,2	1,1	0,9	0,5
Valina	4,5	4,2	5,0	4,4	3,5	2,5	1,3

^a Dados de acordo com Koziol (1992).

^b Dados de acordo com Silva et al. (2009).

^c Dados de acordo com Dodok et al. (1997).

1.1.2.2 CARBOIDRATOS

Os carboidratos são os componentes que contribuem com 50 – 70 % da energia da dieta e podem ser classificados de acordo com o seu grau de polimerização em três grupos principais: açúcares (monossacarídeos, dissacarídeos, polióis), oligossacarídeos e polissacarídeos (amido e não-amido) (BLAZEK et al., 2009).

O amido é o carboidrato mais importante em todas as plantas e ocorre tipicamente como forma granular de tamanhos e formatos variados. Os amidos de amaranto e quinoa têm sido estudados desde o início de 1980 com relação aos métodos de isolamento, as propriedades físicas, funcionais e macromoleculares (QIAN, KUHN, 1999).

No amaranto, o amido corresponde à maior parte dos carboidratos, mas é encontrado em quantidades geralmente menores do que em outros cereais (Tabela 1). O amido de amaranto está localizado no perisperma (Figura 2), onde partículas compostas ou aglomerados de amido, que podem atingir um comprimento de 90 µm de diâmetro, são geradas nos amiloplastos. Depois da mistura em água fria, pequenos grânulos de amido poligonais, de 1 – 3 µm de diâmetro, podem ser extraídos a partir destes aglomerados (CHOI, KIM, SHIN, 2004; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

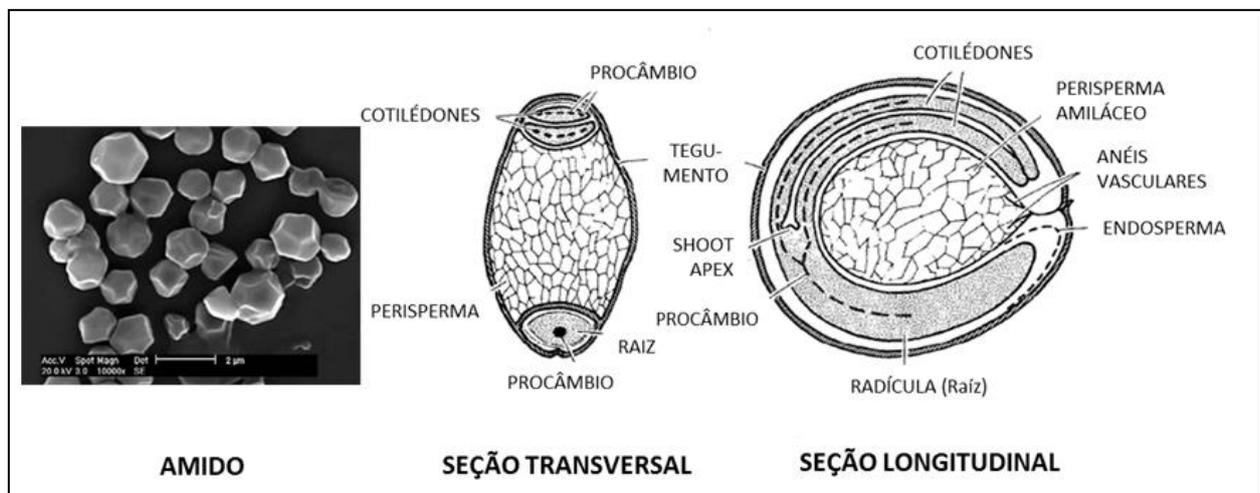


Figura 2 - Grânulos de amido de amaranto (*Amaranthus* spp.) e ilustração da semente em corte transversal e longitudinal. Adaptado de: Irving, Betschart e Saunders (1981) e Kong, Bao e Corke (2009).

Na quinoa, assim como no amaranto, o amido também está localizado no perisperma, com pequenas quantidades que ocorrem no revestimento da semente e do embrião (PREGO, MALDONADO, OTEGUI, 1998). Os grãos poligonais, semelhantes aos do amaranto, variam em diâmetro de aproximadamente 0,08 a 2,5 μm (ANDO et al., 2002; ATWELL et al., 1983). As estruturas compostas que consistem de agregados esferoidais ou oblongos de grãos simples podem atingir comprimento de 80 μm e estão rodeados por uma matriz de proteínas (ATWELL et al., 1983) (Figura 3).

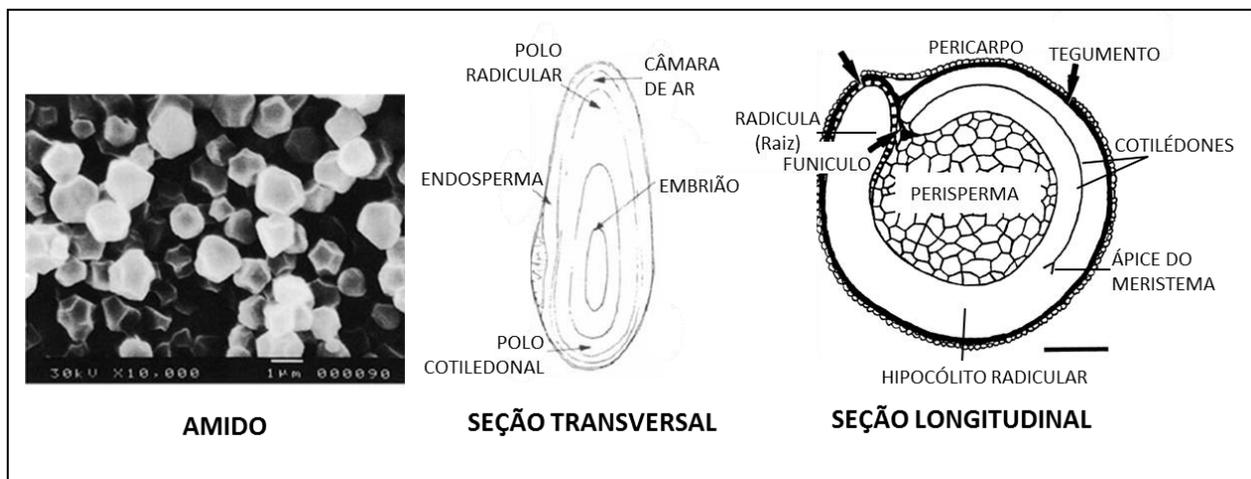


Figura 3 - Grânulos de amido de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e ilustração da semente em corte transversal e longitudinal. Adaptado de: Ando et al. (2002), Gallardo, Gonzáles e Ponessa (1997) e Prego, Maldonado e Otegui (1998).

O teor de amilose do amido de amaranto é menor do que nos outros amidos de cereais, com valores que variam de 0,1 % a 11,1 % (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

Quando comparado com outros cereais, no amido do amaranto, a estabilidade ao congelamento-descongelamento e à retrogradação, elevada temperatura de gelatinização e viscosidade, elevada capacidade de absorção de água, maior solubilidade e susceptibilidade enzimática, entre outros, podem ser explicados pelo diminuto tamanho do grânulo de amido bem como pelo elevado teor de amilopectina (BAKER, RAYAS-DUARTE, 1998; CHOI, KIM, SHIN, 2004; BECKER et al., 1981; SCHOENLECHNER,

SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). No entanto, ao selecionar genótipos para fins de processamento específicos, é necessário levar em consideração a diversidade genética das propriedades físicas do amido e variações nos outros componentes (proteínas, lípidos, sais minerais), que têm influência significativa sobre as propriedades funcionais do amido dentro e entre espécies de amaranto (SILVA et al., 2009).

A amilose do amido de quinoa pode ser encontrada em diferentes quantidades, variando de 3,5 a 22% (LINDEBOOM et al., 2005; QIAN, KUHN, 1999; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Esta grande variação no conteúdo de amilose é, portanto, responsável pelas diferenças nas propriedades físicas do amido (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). O amido de quinoa apresenta elevada temperatura de gelatinização e maior viscosidade e solubilidade do que a do amido de amaranto, além de apresentar alta capacidade de retenção de água, poder de inchamento, elevada susceptibilidade enzimática, e estabilidade ao congelamento-descongelamento e retrogradação (ATWELL et al., 1983; QIAN, KUHN, 1999; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

A fibra dietética é conhecida por apresentar efeitos benéficos sobre a saúde humana. Os teores de fibra do amaranto e quinoa estão de acordo com o teor encontrado em outros cereais. De acordo com Ruales e Nair (1994), a proporção de fibras solúveis de quinoa pode ser diminuída pelo cozimento e autoclavagem, enquanto que as frações insolúveis não sofrem alterações.

1.1.2.3 LIPÍDIOS

O teor de lipídios da quinoa e do amaranto é cerca de 2 a 3 vezes maior do que em milho e trigo (Tabela 1) (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; KOZIOL, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). O conteúdo de lipídios da quinoa (varia de 5,2 a 9,7 %) é maior do que o do milho (4,7 %) e menor do que o da soja (18,9 %) (KOZIOL, 1993; RUALES, NAIR, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). O grão de amaranto possui maior teor de lipídios do que a quinoa e maioria dos grãos de cereais, apresentando conteúdo de lipídios entre 5,7 % e 10,9 % (média 8,81 %) (ALVAREZ-

JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos em sementes de amaranto, quinoa, trigo e milho (g/100g)

Ácido graxo	Quinoa ^{abc}	Amaranto ^{bde}	Trigo ^b	Milho ^c
Ácido mirístico (C14:0)	0,1	-	-	0,2
Ácido palmítico (C16:0)	9,7 – 11,0	12,3 – 20,9	23,7	11,2
Ácido esteárico (C18:0)	0,6 – 1,1	3,1 – 4,1	2,8	2,1
Ácido oléico (C18:1)	24,5 – 26,7	23,7 – 32,9	13,2	29,8
Ácido linoléico (C18:2)	48,2 – 56,0	47,5 – 47,8	55,1	55,0
Ácido linolênico (C18:3)	3,8 – 8,3	0,9	3,8	0,9
Ácido araquidônico (C20:0)	0,4 – 0,7	0,4 – 1,5	0,3	0,4
Ácido eicosenóico (C20:1)	1,4	-	-	-
Ácido eicosadienóico (C20:2)	0,1 – 1,4	0,3	0,5	-
Ácido beénico (C22:0)	0,5 – 0,7	0,1 – 0,8	0,2	-
9- Ácido docosaenóico (C22:1w9)	1,2 – 1,5	n.d.	n.d.	-
Ácido tetracosanóico (C24:0)	0,2 – 0,4	0,4 – 0,8	n.d.	-
Ácido tetracosaeenóico (C24:1)	2,4 – 2,6	-	-	-
Saturados	14,0	20,9 – 26,9	27,3	13,9
Monoinsaturados	28,1	23,9	13,4	29,8
Poliinsaturados	57,5	49,1	59,4	55,9
Insaturados/saturados	4,9 – 6,2	2,7 – 3,7	2,7	6,2
Linoleico/ α -linolênico	5,8 – 13,8	52,4	14,5	6,1
Total <i>trans</i> C18	0,1	0,2	0,0	-

^a Dados de acordo com Ruales e Nair (1993).

^b Dados de acordo com Alvarez-Jubete, Arendt e Gallagher (2009).

^c Dados de acordo com Koziol (1993).

^d Dados de acordo com Bruni et al. (2001).

^e Dados de acordo com Dodok et al. (1997).

n.d, não detectado

A composição em ácidos graxos presentes na quinoa e no amaranto, em comparação com alguns cereais como trigo e milho, é apresentada na Tabela 3. Uma vez que apresenta um perfil de ácidos graxos semelhante ao do óleo de milho e do óleo de soja, a quinoa foi considerada uma cultura oleaginosa alternativa (KOZIOL, 1992; KOZIOL, 1993). O óleo de amaranto apresenta características químicas interessantes e algumas espécies já foram estudadas para determinar o seu potencial como nutracêutico pelo conteúdo de tocoferóis (BRUNI et al., 2001).

A partir dos dados apresentados, pode-se observar que a quinoa e o amaranto são ricos em ácidos graxos insaturados, sendo que para a quinoa há maior valor na relação insaturados/saturados (4,9 – 6,2).

Os lípidios do amaranto e da quinoa apresentam um elevado grau de insaturação. Em sementes de quinoa, apenas 14,0 % dos ácidos graxos são saturados. De acordo com Dodok et al. (1997), Silva et al. (2009) e Schoenlechner, Siebenhandl e Berghofer (2008), para o óleo de amaranto, entre 75,0 – 77,1 % dos ácidos graxos são insaturados. O ácido linoleico é o ácido graxo mais abundante (47,5 – 47,8 e 48,2 – 56,0 para amaranto e quinoa, respectivamente), seguido de ácido oleico (23,7 – 32,9 em amaranto e 24,5 – 26,7 em quinoa) e ácido palmítico (12,3 – 20,9 em amaranto e 9,7 – 11,0 em quinoa) (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; BRUNI et al., 2001; RUALES, NAIR, 1993). A quinoa apresenta elevado teor de ácido α -linolênico (valores que variam de 3,8 % a 8,3 %), o qual está relacionado com redução de marcadores biológicos associados com doenças degenerativas não-transmissíveis tais como a doença cardiovascular, câncer, osteoporose e doenças inflamatórias e auto-imunes (SIMOPOULOS, 2006).

Apesar do seu elevado teor e grau de insaturação, os lípidios de amaranto e quinoa são relatados como sendo geralmente estáveis à oxidação. Esta propriedade tem sido atribuída à presença natural do elevado teor de vitamina E (α -tocoferol), que age como uma defesa natural contra a oxidação de lípidios e, assim, aumenta a estabilidade do óleo (KOZIOL, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

1.1.2.4 VITAMINAS

A composição de vitaminas presentes na quinoa é próxima à dos cereais (TAYLOR, PARKER, 2002), sendo que contém quantidades significativas de tiamina (até 0,36 mg/100 g), riboflavina (até 0,32 mg/100 g), vitamina B6 (0,49 mg/100 g) e folato (0,18 mg/100 g). O amaranto também é uma boa fonte de riboflavina (até 0,23 mg/100 g) e ácido ascórbico (4,50 mg/100 g) (Tabela 4). Em comparação com a cevada, os valores de niacina são mais baixos em ambos os pseudocereais. Becker et al. (1981) analisaram algumas amostras de amaranto em relação ao teor de ácido ascórbico e encontraram quantidades que variam de 3,36 a 7,24 mg/100 g. Em sementes de quinoa, o ácido ascórbico pode ser encontrado em teores que variam de 4,00 a 16,40 mg/100 g (KOZIOL, 1992; RUALES, NAIR, 1993).

Tabela 4 - Conteúdo de vitaminas em quinoa, amaranto e cevada (mg/100g peso seco)

Vitaminas	Quinoa^a (farinha)	Amaranto^b (farinha)	Cevada^a
Tiamina (B1)	0,29 – 0,36	0,07 – 0,10	0,191
Riboflavina (B2)	0,30 – 0,32	0,19 – 0,23	0,114
Niacina (B3)	1,24 – 1,52	1,17 – 1,45	4,604
B6	0,487	-	0,260
Folato	0,18	-	0,023
Ácido ascorbico (C)	-	4,50	-
β-caroteno	-	0	-

^aDados de acordo com Abugoch (2009).

^bDados de acordo com Becker et al. (1981).

Além disso, o amaranto e a quinoa são excelentes fontes de vitamina E, o que contribui para a estabilidade prolongada do óleo. Tocoferóis, os precursores maioritários de vitamina E, são antioxidantes lipossolúveis que atuam como sequestradores de radicais peroxilas (RYAN et al., 2007). Entre os tocoferóis, em sementes de amaranto, Bruni et al. (2002) reportaram o conteúdo de β-tocoferol em quantidades de 19,55 – 43,86, α-

tocoferol 12,5 – 34,81, γ -tocoferol 0,60 – 1,81 e δ -tocoferol 21,70 – 48,79 mg/kg. Sementes de quinoa contêm o dobro de γ -tocoferol (5,3 mg/100 g) em relação a α -tocoferol (2,6 mg/100 g) (RUALES, NAIR, 1993).

1.1.2.5 MINERAIS

Variações no teor de minerais são influenciadas pelas condições ambientais durante o crescimento das plantas e produção de sementes, especialmente pela disponibilidade de minerais no solo (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009). A Tabela 5 mostra o conteúdo mineral do amaranto e da quinoa. O cálcio, o magnésio e o ferro são sais minerais limitantes em produtos destituídos de glúten e em pessoas que não consomem glúten. A inclusão destes pseudocereais na dieta de celíacos, por exemplo, pode ajudar a reduzir a deficiência de tais minerais (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010). Em ambos pseudocereais, o cálcio, o magnésio, o ferro e o zinco podem ser encontrados em quantidades elevadas quando comparados com o trigo ou cevada.

Tabela 5 - Composição de minerais em quinoa, amaranto, trigo e cevada (mg/100 g em base seca)

Minerais	Quinoa (semente) ^{ab}	Amaranto (semente) ^a	Trigo ^a	Cevada ^c
Calcio (Ca)	32,9 – 874,0	180,1 – 217,0	34,8	29,0
Ferro (Fe)	5,5 – 81,0	9,2 – 21,0	3,3	2,5
Magnésio (Mg)	206,8 – 2 620,0	279,2 – 319,0	96,4	79,0
Zinco (Zn)	1,8 – 36,0	1,6 – 3,4	1,2	2,1
Manganês (Mn)	33,0	-	-	-
Potássio (K)	1 201,0	-	-	-

^aDados de acordo com Alvarez-Jubete, Arendt e Gallagher (2009).

^bDados de acordo com Ruales e Nair (1993).

^cDados de acordo com Abugoch (2009).

Em sementes de amaranto, o elevado teor de cálcio (180,1 - 217,0 mg/100 g) é de especial relevância em relação à conhecida prevalência de osteopenia e osteoporose em pacientes recentemente diagnosticados com a doença celíaca (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010). Além disso, o teor de cálcio na quinoa pode contribuir com 10 % da quantidade de ingestão recomendada para crianças e adultos (ABUGOCH, 2009).

Através da remoção de saponinas (mecanicamente e/ou por meio de lavagem), o teor de mineral da quinoa pode ser significativamente reduzido. Esta perda é considerável no caso de certos minerais como o ferro, o manganês e o potássio (por exemplo, 46 % do potássio pode ser perdido) (RUALES, NAIR, 1994).

1.1.2.6 OUTROS COMPOSTOS BIOATIVOS

O esqualeno, um triterpeno altamente insaturado de cadeia aberta, que é o precursor bioquímico de toda a família de esteroides, está presente em níveis elevados no amaranto (1,9 a 11,19 %) (JAHANIAVAL, KAKUDA, MARCONE, 2000; QURESHI, LEHMAN, PETERSON, 1996). Jahaniaval, Kakuda e Marcone (2000) e Ryan et al. (2007) também encontraram 3,39 - 5,84 % de esqualeno na fração lipídica de sementes de quinoa. Estes teores são elevados em comparação com a quantidade presente em outros óleos vegetais como azeite de oliva, óleo de gérmen de trigo, e óleo de farelo de arroz (0,1 - 0,7 %) (BECKER et al., 1981). O esqualeno é um intermediário na biossíntese do colesterol (ABUGOCH, 2009). Este composto é utilizado principalmente como um lubrificante industrial resistente à oxidação, como produto intermediário na indústria farmacêutica, em diversos corantes orgânicos, produtos químicos para fabricação da borracha, e como bactericida (AHAMED, SINGHAL, KULKARNI, 1998; BERGHOFER, SCHOENLECHNER, 2002; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

O esqualeno e os fitoesteróis são os componentes presentes na fração lipídica insaponificável de alimentos (como tocoferóis). Os fitosteróis, que são compostos naturais de células vegetais, são abundantes em óleos vegetais, sementes e grãos, e têm efeitos anti-inflamatórios, atividade antioxidante e anti-carcinogênica (ABUGOCH,

2009; MOREAU, WHITAKER, HICKS, 2002; RYAN et al., 2007). Ryan et al. (2007) relataram níveis mais elevados de β -sitosterol (63,7 mg/100 g), campesterol (15,6 mg/100 g), e de estigmasterol (3,2 mg/100 g) em sementes de quinoa em comparação com centeio, cevada, milho e milho, mas esses teores mostram-se inferiores ao de lentilhas, grão de bico, e sementes de gergelim. No amaranto, além da abundância de esqualeno (aproximadamente 80 % de toda a fração insaponificável), condilasterol provou ser o esterol predominante (BRUNI et al., 2001). Entre os sete esteróis identificados em lípidios de quinoa, Δ^7 -estigmasterol é o principal (AHAMED, SINGHAL, KULKARNI, 1998).

Sementes de quinoa também são fonte considerável de flavonóides. Os principais polifenóis presentes na quinoa são glicosídeos de kaempferol e quercetina. No amaranto, os polifenóis podem ser encontrados em quantidades que variam de 14,72 a 14,91 mg/100 g (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Taninos são metabólitos polifenólicos secundários de plantas superiores que podem ser encontrados em concentrações elevadas nas cascas de cereais e leguminosas (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Becker et al. (1981) avaliaram 10 amostras diferentes de amaranto e encontraram teores de taninos entre 80 – 420 mg/100 g de amostra. Nas sementes de quinoa, teores de taninos entre 0 e 500 mg/100 g também já foram relatados (CHAUHAN, ESKIN, TKACHUK, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

1.1.3 UTILIZAÇÃO E APLICAÇÕES DA QUINOA E AMARANTO

Os grãos de amaranto e quinoa têm sido usados no desenvolvimento de uma grande variedade de alimentos. A partir do grão inteiro podem ser desenvolvidos sopas, doces, bebidas, molhos, mingaus e *soufflés*; grãos cozidos podem ser consumidos como o arroz. Várias bebidas quentes ou fermentadas também podem ser produzidas. Os grãos são germinados, formando os brotos e então maltados para a produção de cerveja. A bebida fermentada feita com sementes de amaranto e quinoa é chamada de *chicha* (EARLY, 1990). A quinoa é usada frequentemente para preparar o pão *kispina* (LORENZ, COULTER, 1991). Os grãos também servem como fonte de amido, concentrados

proteicos, sendo que farinhas também podem ser produzidas. O grão de amaranto triturado pode ser usado para fabricação de pães, granola e barras de cereais. O grão pode ser moído e usado como farinha em diferentes misturas para panquecas, pães, bolos, biscoitos, *muffins*, massas, pudins, etc (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; EARLY, 1990; GAMEL et al., 2004; SILVA et al., 2009; LORENZ, COULTER, 1991; RUALES, NAIR, 1994; SCHOENLECHNER et al., 2010; CAPRILES, ARÊAS, 2012; CAPRILES et al., 2006; CAPRILES et al., 2008).

O glúten, presente no trigo, é o responsável pela textura viscoelástica única da massa que permite formar uma estrutura forte e coesa, capaz de reter gás para a obtenção de um produto esponjoso (TAYLOR, PARKER, 2002).

Atualmente, o amaranto e a quinoa são potenciais fontes para o desenvolvimento de alimentos nutritivos devido principalmente à alta qualidade das proteínas (GROSS et al., 1989). O principal problema na utilização de quinoa e amaranto, na tentativa de substituição parcial em relação à farinha de trigo em misturas é que estes pseudocereais não contêm glúten, e assim a sua adição em produtos fermentados e massas é limitada (SILVA et al., 2009). Deste modo, quando as farinhas de amaranto e quinoa são usadas para fazer pão, a utilização de misturas com farinha de trigo, em diferentes proporções, tem sido empregada (TAYLOR, PARKER, 2002; CAPRILES et al., 2008; CAPRILES et al., 2006).

1.1.3.1 APLICAÇÃO DE QUINOA E AMARANTO EM FARINHAS COMPOSTAS

Diversos trabalhos têm sido realizados para investigar novas aplicações tecnológicas das sementes de amaranto e quinoa em vários tipos de alimentos, uma vez que possuem apreciáveis qualidades nutricionais, agregando, assim, valor nutricional a outros cereais (CHAUHAN, ESKIN, TKACHUK, 1992; COULTER, LORENZ, 1991; LORENZ, 1981; PARK, MAEDA, MORITA, 2005; ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009; SINDHUJA, SUDHA, RAHIM, 2005; CAPRILES, ARÊAS, 2012; CAPRILES et al., 2006; CAPRILES et al., 2008).

Rosell, Cortez e Repo-Carrasco (2009) investigaram o efeito da substituição de farinha de trigo em diferentes níveis (de 0 a 100 %) por farinhas de quinoa, kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), amaranto e tarwi (*Lupinus mutabilis*) nas massas de pão e na qualidade do pão fresco. Nenhum pão com estrutura de miolo aerado foi obtido a partir de farinhas com substituição de 100 %. Nenhuma diferença foi significativa nos atributos sensoriais em relação aos pães feitos a partir de misturas de trigo:quinoa (50:50) e o controle (trigo 100 %). A substituição da farinha de trigo por até 50 % de amaranto resultou em pães coloridos com adequados escores sensoriais. A mistura e as propriedades de panificação da massa elaborada a partir da farinha de trigo e quinoa, contendo de 0 a 20 % (em incrementos de 5 %) de farinha de quinoa manualmente descascada foram avaliadas por Chauhan, Zillman e Eskin (1992). Eles observaram que o tempo de desenvolvimento da massa diminuiu com o aumento da proporção da farinha de quinoa. Uma avaliação sensorial com um painel sugeriu a inclusão de 10 % de farinha de quinoa.

Algumas características da massa de pão e da farinha contendo quinoa foram estudadas por Park, Maeda e Morita (2005). A substituição de 7,5 a 10 % de farinha de quinoa para farinha de trigo duro aumentou significativamente o volume de pão, mas a substituição de mais de 15 % nitidamente diminuiu o volume do pão. Uma combinação de lipase microbiana e substituição de 15 % com farinha de quinoa melhorou as qualidades do pão, proporcionando um volume distintamente maior do que a do controle além de suprimir o endurecimento do pão durante o armazenamento.

Além disso, o uso de quinoa em misturas com milho, para desenvolvimento de farinhas extrudadas, foi estudado por Coulter e Lorenz (1991). A quinoa foi utilizada em três concentrações (10, 20, e 30 %) e a composição química, o perfil nutricional e as características sensoriais dos produtos foram analisados. A adição de quinoa proporcionou produtos extrudados com maior teor proteico, fibra, minerais e alguns aminoácidos, em comparação com produtos elaborados apenas com grits de milho. Os produtos que continham quinoa apresentaram maior solubilidade do nitrogênio e uma menor digestibilidade *in vitro* em comparação com os produtos à base de grits de milho. Também foi observado que os produtos mais favoráveis que apresentaram a maior expansão foram produzidos com um teor de umidade inicial de 15 %. A avaliação sensorial dos produtos finais indicou uma boa aceitação global.

Na pesquisa de Lorenz (1981), o potencial para a fabricação de pão a partir de farinhas mistas de trigo-amaranto foi discutido. Os resultados mostraram que os pães elaborados com farinha moída de sementes de amaranto apresentaram volumes mais baixos e menores escores sensoriais quando a substituição da farinha de trigo foi de 10 % ou mais. O sabor do pão foi descrito como de nozes e foi preferido sobre o sabor do pão branco (controle). A substituição de 15 e 20 % de farinha de trigo resultou em miolos mais escuros quando medido pelo colorímetro de Hunter e avaliado como questionável pelo painel um dia após o cozimento.

A pesquisa de Tosi et al. (2002) com farinhas de amaranto integrais e desengorduradas hiperproteicas relatou uma diminuição gradual do volume e volume específico com relação aos pães controle, quando os níveis de substituição para ambas as farinhas de amaranto foram incrementadas. Também um efeito deletério foi observado nos valores de pontuação do pão. A farinha integral de amaranto, devido à presença de óleo, apresentou um melhor desempenho e foi possível substituir 8 % da farinha de trigo sem apresentar modificações severas na qualidade e aceitação do pão. Um aumento dos níveis de substituição acima de 8 % para a farinha desengordurada de amaranto e acima de 12 % para a farinha integral de amaranto produziu um efeito prejudicial inaceitável na qualidade do pão. O aumento do nível de farinha de amaranto melhorou a qualidade proteica incrementando em quase o dobro a concentração da lisina para os pães aceitáveis.

1.1.3.2 APLICAÇÃO EM ALIMENTOS SEM GLÚTEN

Também a aplicação de amaranto e quinoa em produtos sem glúten foi estudada. Os produtos sem glúten disponíveis atualmente no mercado são considerados de baixa qualidade e baixo valor nutricional (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009). O fato de que o amaranto e a quinoa não contém glúten pode ser vantajosa para as pessoas que sofrem de doença celíaca e alergia ou intolerância ao trigo (TAYLOR, PARKER, 2002). Desta forma, existe um crescente interesse na sua aplicação para a produção de produtos sem glúten ricos em nutrientes.

Existem muitos estudos na área de produtos à base de cereais livres de glúten que se concentram principalmente na melhoria das propriedades estruturais e também na viabilidade de pseudocereais como a quinoa, o amaranto e o trigo sarraceno como ingredientes em pães sem glúten, bolachas, biscoitos e massas, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional desses produtos (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; CAPERUTO, AMAYA-FARFAN, CAMARGO, 2001; HOZOVA et al., 1997; PARK, MAEDA, MORITA, 2005; SCHOENLECHNER et al., 2010; TOSI, CIAPPINI, MASCARELLI, 1996).

Em estudos recentes, Alvarez-Jubete, Arendt e Gallagher (2009) e Alvarez-Jubete et al. (2010) avaliaram as propriedades de panificação e seu potencial como ingredientes saudáveis e de alta qualidade em pães sem glúten. Os autores descobriram que a substituição do amido de batata com farinha de um pseudocereal resultou em pães sem glúten com níveis significativamente mais elevados de nutrientes importantes, tais como proteínas, fibras, cálcio, magnésio, zinco, ferro e vitamina E. Os pães resultantes também apresentaram elevado teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante, especialmente para o trigo sarraceno, outro pseudocereal, e a quinoa. A capacidade antioxidante foi significativamente aumentada quando comparada com a formulação controle livre de glúten (farinha de arroz e amido de batata) (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010b). O volume aumentou significativamente em aqueles pães à base de trigo sarraceno e quinoa em comparação com o controle, e todos os pães contendo pseudocereais foram caracterizados por possuir um miolo significativamente mais macio. Finalmente, não foram encontradas diferenças significativas na aceitabilidade de pães sem glúten contendo pseudocereal quando comparados ao controle (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Salas (2011) formulou produtos (bolos e recheios para produtos de chocolate e panificação) com características funcionais e agregando valor nutricional, utilizando a quinoa como um dos principais ingredientes.

A aplicação de misturas de quinoa e milho na produção de um produto isento de glúten tipo espaguete foi estudada por Caperuto, Amaya-Farfan e Camargo (2001). Parâmetros tais como a qualidade de cozimento, textura e viscosidade foram determinados. O espaguete apresentou propriedades físicas razoáveis em comparação com o spaghetti feito à base de trigo. Um painel sensorial também foi conduzido e foi observado que os produtos apresentaram sabor melhorado de milho o que foi bem aceito.

Tosi, Ciappini e Mascarelli (1996) utilizaram farinha de amaranto integral para desenvolver biscoitos sem glúten com elevado teor de proteína. Os autores também descobriram que a adição de 0,1 % de hidroxitolueno butilado (BHT) prolongou a vida de prateleira sem afetar o sabor.

Também Hozová et al. (1997) apresentaram alguns resultados da avaliação microbiológica, nutricional e sensorial de biscoitos sem glúten e biscoitos feitos com farinha de amaranto. Estes produtos com alto teor de proteína e energia foram recomendados como complementos dietéticos para expandir e enriquecer a variedade, não só em dietas livres de glúten, mas também para outros mercados consumidores.

Schoenlechner et al. (2010) investigaram o uso da quinoa, amaranto e trigo sarraceno para a produção de massas sem glúten com boa qualidade, em especial com baixa perda ao cozinhar, peso ideal e textura firme. O amaranto apresentou menor aptidão para a produção de massas, uma vez que reduziu a firmeza e diminuiu o tempo e a tolerância ao cozimento. A pasta de quinoa apresentou melhor aglutinação, mas mostrou um aumento da perda ao cozinhar. A combinação de níveis ótimos das três farinhas de pseudocereal, albúmina e emulsificantes (monoglicerídeos destilados), melhorou as propriedades físicas para a obtenção de uma massa alimentícia de alta qualidade. No entanto, diferenças em termos de cor, elasticidade e propriedades sensoriais foram observadas.

1.2 MACA (*LEPIDIUM MEYENII* W., BRASSICACEAE)

A maca (Figura 4), uma raiz anual ou bienal nativa da região dos Andes, foi descrita por Walpers e Gerhard em 1843. Pertencente à família das Brassicaceae, espécie *Lepidium meyenii*, a maca é cultivada nos Andes centrais, abrangendo a Bolívia, Equador, Peru, Colômbia, Chile e norte da Argentina (OBREGÓN, 1998), em altitudes de 3500 a 4500 m, e em terrenos caracterizados como rochosos e pobres, estéreis, com sol e ventos fortes, e temperaturas de congelamento (WANG et al., 2007). No Peru, a maca é cultivada há pelo menos 2000 anos, mas sua origem é pouco conhecida (WANG et al., 2007).



Figura 4 - Variedades de maca após a fase vegetativa e farinha do produto.

O seu ciclo de cultivo ocorre em duas fases distintas: a “fase vegetativa” ou de produção de raízes para consumo que varia entre 8 a 9 meses e a “fase reprodutiva” ou de produção e sementes que varia entre 5 a 6 meses. Os ecótipos de maca são diferenciados de acordo com a cor das raízes: amarelo, roxo, branco, cinza, preto, amarelo/púrpura e branco/roxo (GONZALES et al., 2001), sendo a mais comum a variedade amarela (WANG et al., 2007). A parte comestível da planta é uma região da raiz que se intumescce durante seu desenvolvimento, denominada de hipocótilo. Os hipocótilos de maca são consumidos frescos ou secos; quando secos podem ser armazenados durante anos, podendo ser consumidos em água ou leite, ou transformados em sucos, bebidas alcoólicas ou em infusões (OCHOA, UGENT, 2001; QUIROS, CARDENAS, 1992).

Em relação ao valor nutricional, a maca apresenta considerável conteúdo de proteínas, ácidos graxos insaturados e minerais (Tabelas 6 e 7). A amostra fresca contém 80 % de água (DINI et al., 1994; WANG et al., 2007), enquanto na amostra seca os valores podem chegar até 17,69 % de proteínas, 3,61 % de lipídios, 72,78 % de carboidratos, e até 9,08% de fibras. O teor de ácidos graxos insaturados, tais como ácido linoleico e oleico varia entre 52,70 e 60,30 % do total de ácidos graxos, o que mostra uma boa quantidade de compostos insaturados (RONDÁN-SANABRIA, FINARDI-FILHO, 2009; WANG et al., 2007; DINI et al., 1994). Na fração mineral se sobresaem o conteúdo de ferro, potássio, cálcio e cobre (DINI et al., 1994).

Tabela 6 - Composição química de raízes de maca (base seca)

Componentes	Maca (g/100g)
Umidade	80,00
Proteína	8,00 – 17,69
Lipídeos	1,09 – 3,61
Carboidratos	54,60 – 72,78
Fibra	5,00 – 9,08
Amido	23,24 – 36,20
Cinzas	4,90 – 5,93

Fonte: Dini et al. (1994); Valentová et al. (2006); Rondán-Sanabria, Finardi-Filho (2009).

Tabela 7 - Conteúdo de minerais de raízes de maca (base seca)

Minerais	(mg/100g)
Fe	16,6
Mn	0,8
Cu	5,9
Zn	3,8
K	2050,0
Na	18,70
Ca	150,00

Fonte: Dini et al. (1994)

Rondán-Sanabria e Finardi-Filho (2009) estudaram as propriedades físico-químicas e funcionais do amido presente na maca. Os grânulos de amido apresentaram morfologia circular, oval e irregular com uma distribuição de grânulos entre 7,4 – 14,9 μm de comprimento e 4,2 – 9,3 μm de diâmetro. Quando comparado com amidos de outras fontes, tais como mandioca e mandioca, o amido apresentou baixa temperatura de gelatinização (47,7 °C), elevada capacidade de absorção de água e solubilidade, elevada firmeza do gel, baixa estabilidade ao congelamento-descongelamento e com elevada sinérese.

A maca também apresenta metabólitos secundários com atividade biológica como macaene e macamida. Os glicosinolatos e seus derivados que produzem o aroma e sabor picante característico da maca também vem sendo estudados pelos possíveis efeitos na prevenção do câncer e como agentes de combate a patógenos (FAHEY; ZALCMANN, TALALAY, 2001; DINI et al., 1994). Outros compostos presentes são fitoesteróis, alcalóides e isotiocianatos (VALENTOVÁ, et al., 2006; WANG et al., 2007).

A maca apresenta estabilidade ao armazenamento mesmo durante longo período de conservação pós-colheita, sem apresentar deterioração aparente da raiz e com apenas perda da água até ficar seca, facilitando assim o seu processo de comercialização (OBREGÓN, 1998). O consumo da maca é realizado de várias formas, sendo que pode ser adicionada em sucos, extratos, e licores fermentados, como suplemento em alimentos processados e como erva medicinal. No entanto, a sua apresentação em cápsulas e/ou comprimidos tem favorecido de forma significativa o acesso a este alimento/medicamento tanto no mercado local como internacional (OBREGÓN, 1998; OMRAN, ASHTON, STATHOPOULOS, 2010).

1.3 TRIGO (*TRITICUM SPP.*, GRAMINEAE)

O trigo (*Triticum spp.*), um cereal fasciculado pertencente à família *Gramineae* (*Poaceae*), e ao gênero *Triticum* (MATTERN, 1991), é um dos cereais mais difundidos no mundo, sendo o primeiro em termos de área plantada, porém segundo na produção, atrás do milho e seguido do arroz (WALKER, LI, 2008). Este cereal apresenta adaptabilidade em diversas condições de clima e solo, podendo ser cultivado no inverno (trigo de inverno) ou na primavera (trigo de primavera), devido às variedades cultivadas, as quais são diferentes geneticamente e apresentam características distintas (MATUS-CÁDIZ et al., 2003; PYLER, GORTON, 2008). No entanto, o seu requerimento de solos é maior do que a maioria dos outros cereais, crescendo muito bem em solos ricos e em solos onde outras plantas não cresceram antes (WALKER, LI, 2008).

O trigo é cultivado em diversos países ao redor do mundo, sendo os Estados Unidos e a Europa Oriental as principais fontes. Outros produtores importantes de trigo incluem Austrália e América do Sul, especialmente a Argentina (WALKER, LI, 2008).

De acordo com a FAOSTAT, em 2012, os três países com maior produção de trigo foram a China (121.023.000 toneladas), a Índia (94.880.000 toneladas) e os Estados Unidos (61.677.387 toneladas). No Brasil, a produção foi de 4.418.388 toneladas (FAOSTAT, 2012). Do total produzido no mundo, aproximadamente 70 % é utilizado no processamento de alimentos.

Atualmente, a maior parte do trigo cultivado é constituída por três espécies de *Triticum* (mais de 90 %) (MATTERN, 1991; ABITRIGO, 2015). O *T. aestivum* L. ou trigo comum (hexaplóide, 42 cromossomos), utilizado principalmente na elaboração do pão (tem um teor de proteína em torno de 15 %), apresenta três genomas (A, B e D), correspondendo cada um a jogo normal diplóide de cromossomos. Nos Estados Unidos, para fins de comercialização, esta espécie é dividida em quatro classes. As classes “*Hard red winter*” e “*Hard red spring*” são usadas principalmente para a produção de pão fermentado. As classes “*Soft red winter*” e “*Common White*” são utilizadas principalmente para a elaboração de bolos, bolachas e biscoitos. O *T. compactum*, também um tipo hexaplóide, tem um teor de glúten da ordem de 8 % e é usado para produtos de confeitaria, de forma similar ao “*Soft red winter*”. O *T. durum* ou trigo duro (tetraploide, 28 cromossomos), usado para a elaboração de macarrão, massas alimentícias e outros, apresenta os genomas A e B. O *T. durum* não é cultivado no Brasil (MATTERN, 1991; PYLER, GORTON, 2008; CAMARGO et al., 1995; ABITRIGO, 2015).

No Brasil, através dos programas de melhoramento, tem se procurado aumentar a variabilidade genética dos trigos e, por conseguinte, selecionar linhagens com melhor adaptação às condições climáticas e de solo, de alto potencial produtivo e com qualidades tecnológicas adequadas para a fabricação de pães, massas e biscoitos (CAMARGO et al., 1995; SOUSA, 2000). Por meio do programa de melhoramento da Embrapa foram desenvolvidas diversas linhagens de trigo, as quais posteriormente foram usadas em distintos programas de melhoramento, colocadas no banco de germoplasma e algumas transformaram-se em cultivares recomendadas no Brasil (SOUSA, 1999). Paralelamente e devido a que sua produção interna não atende a demanda de consumo, nos últimos anos o Brasil tem se tornado um dos maiores compradores mundiais de trigo. A maior parte dos trigos importados é de procedência argentina, americana, paraguaia, uruguaia, entre outros (ABITRIGO, 2015).

1.3.1 ESTRUTURA DO GRÃO DE TRIGO

O grão de trigo apresenta formato ovalado com tamanhos e cores que variam entre as espécies e as condições de plantio (MATTERN, 1991; HOSENEY, 1994). Numa das extremidades do grão, encontra-se o gérmen e na outra, os pelos. Ao longo do lado ventral pode-se observar uma reentrância, conhecida como “crease” que percorre quase toda a extensão do grão, e se estende quase até seu centro. A presença desta reentrância dificulta a extração completa do farelo (HOSENEY, 1994; MOUSIA et al., 2004).

A estrutura do grão de trigo pode ser dividida em três partes essenciais: O endosperma (80 – 85 %), contendo o material de reserva do grão (grânulos de amido embebidos numa matriz proteica), é o constituinte principal; o gérmen (2 – 3 %), contendo o embrião e o escutelo, representa a unidade de reprodução do vegetal; e o pericarpo ou farelo (13 – 17 %) constituído por uma camada de tecidos celulares, incluindo a aleurona, envolve e protege o grão (DENDY, DOBRASZCZYC, 2001; PYLER, GORTON, 2008; MOUSIA et al., 2004; XIE et al., 2008). Estas estruturas e a sua distribuição no grão de trigo podem ser observadas na Figura 5.

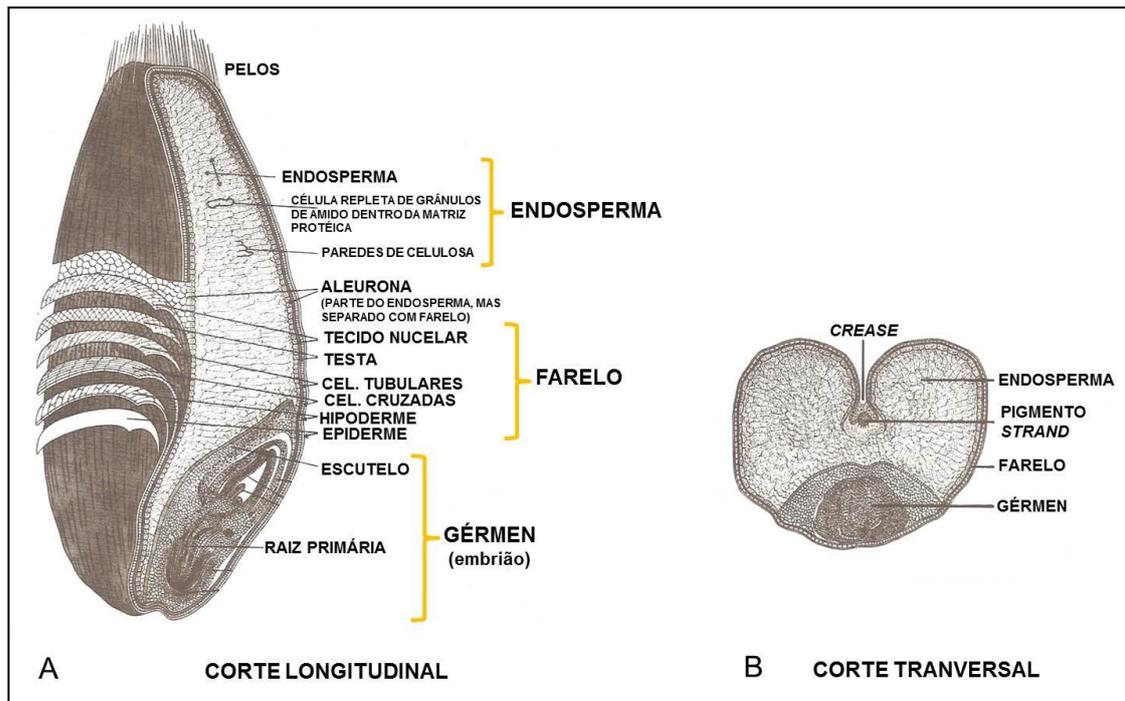


Figura 5 - Morfologia do grão de trigo. Distribuição das estruturas do grão de trigo: Endosperma, farelo e gérmen (embrião). A) Corte longitudinal, B) Corte transversal. (Adaptado de Mattern, 1991).

A camada de farelo ou pericarpo, a parte mais externa do grão, é constituída por seis camadas (epiderme, hipoderme, tecido nuclear, testa, células cruzadas e células tubulares) ricas em proteínas, celulose, hemicelulose, pentosanas e minerais (cinzas). O gérmen, separado do endosperma pelo escutelo, é rico em proteínas (incluindo enzimas), lipídios, açúcares, vitaminas e minerais; esta estrutura contém o material genético para o desenvolvimento da nova planta. O endosperma, a principal porção do grão, é constituído basicamente de amido e algumas proteínas de reserva. O endosperma é cercado pela aleurona, a fronteira entre o endosperma e a casca, constituída por uma ou três camadas de células, (PYLER, GORTON, 2008; MCKEVIT, 2004; MATTERN, 1991).

O trigo, como matéria-prima, possui importante papel no aspecto econômico e nutricional da alimentação humana e, embora seja considerado principalmente como fonte de carboidratos, os produtos de trigo também são importantes fontes de proteínas, vitaminas e sais minerais (MACMASTERS, HINTON, BRADBUTY, 1971).

1.3.2 FARINHA DE TRIGO

O trigo é de longe o cereal mais importante na indústria de panificação devido a apresentar propriedades tecnológicas específicas para a fabricação de diferentes produtos. Dentre as farinhas dos diferentes cereais, a farinha de trigo é a única que possui a capacidade de formar uma massa com propriedades reológicas necessárias para produção de um produto aerado e leve (GIANIBELLI et al., 2001; TEDRUS et al., 2001).

A farinha de trigo consiste principalmente de amido (70 – 75 %), água (14 %) e proteínas (10 – 12 %) (GOESAERT et al., 2005), no entanto a composição pode ser alterada de acordo com a variedade do trigo e o seu grau de extração. A qualidade de panificação da farinha de trigo é em grande parte determinada por suas proteínas, essencialmente as de armazenamento formadoras de glúten presentes no endosperma (GIANIBELLI et al., 2001; GOESAERT et al., 2005).

As proteínas do trigo podem ser fracionadas em dois grandes grupos: proteínas solúveis e insolúveis. As proteínas solúveis, consideradas não formadoras de glúten,

consistem de globulinas e albuminas (15 – 20 % do total de proteínas do trigo) e ocorrem principalmente nas camadas exteriores do grão de trigo. As proteínas insolúveis, formadoras do glúten, gliadina e glutenina (80 – 85 % do total de proteínas) são encontradas no endosperma do grão de trigo formando uma matriz contínua em torno dos grânulos de amido (GOESAERT et al., 2005; VAN DER BORGHT et al., 2005). A gliadina apresenta um peso molecular médio de 40 kDa, cadeia simples e é extremamente gomosa quando hidratada, apresentando pouca ou nenhuma resistência à extensão, e sendo, portanto, responsável pela coesividade da massa. A glutenina é formada por várias cadeias ligadas entre si, apresentando peso molecular que varia de 100 kDa a vários mil, é elástica e não coesiva e fornece à massa a propriedade de resistência à extensão (Figura 6) (HOSENEY, 1994).

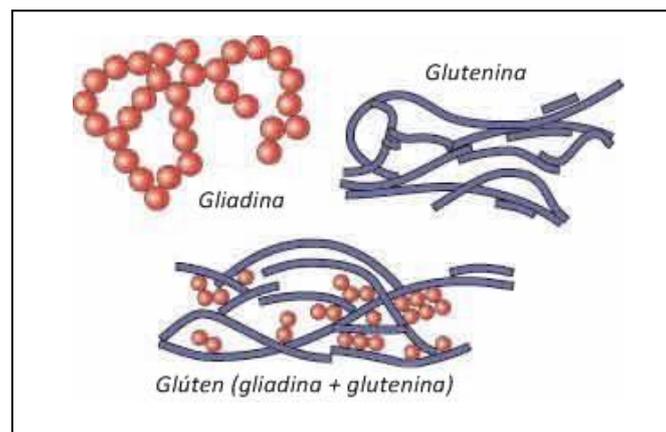


Figura 6 - Proteínas insolúveis do trigo, formadoras do glúten, gliadina e glutenina.

Quando a farinha de trigo é misturada com água e homogeneizada mecanicamente, há hidratação das proteínas gliadina e glutenina da farinha do trigo, formando uma rede de proteína contínua coesa visco-elástica (glúten) por meio de associação entre as moléculas através de pontes de hidrogênio, ligações de van der Waals, pontes dissulfeto, entre outros. Esta rede de proteína de glúten, na massa fermentada desempenha um papel importante na retenção do dióxido de carbono produzido durante a fermentação da massa e durante as fases iniciais do forneamento, característica relacionada ao volume do produto de panificação e à textura do miolo (GOESAERT et al., 2005).

A qualidade da farinha depende do equilíbrio específico entre gliadina e glutenina e, para produção de pão, um equilíbrio adequado entre viscosidade da massa e elasticidade/força é necessária (BARAK, MUDGIL, KHATKAR, 2012). Farinhas com quantidades iguais de proteína podem diferir em qualidade, em função de diferenças nas proporções e nas características das frações da proteína do glúten (XU, BIETZ, CARRIERE, 2007).

A análise das propriedades químicas e reológicas da farinha de trigo irão relatar informações úteis para sua adequada aplicação. Além do conteúdo de proteínas, outros parâmetros de qualidade comumente avaliados são: umidade, acidez, conteúdo de cinzas, atividade enzimática, teor e força de glúten, absorção de água, propriedades de mistura, capacidade elástica e extensível da massa, fermentação, oxidação das farinhas, entre outros (COGSWELL, 2008).

No Brasil, os parâmetros utilizados pela legislação para caracterizar as cultivares de trigo são a força do glúten (alveografia), estabilidade e número de queda (*falling number*), parâmetros estes que classificam o trigo em cinco classes descritas na Tabela 8 (BRASIL, 2010).

Tabela 8 - Classificação do trigo de acordo com valores da força de glúten, estabilidade e o Número de Queda (*Falling number*)

Classes	Força do glúten (Valor mínimo expresso em 10^4J)	Estabilidade (Tempo expresso em minutos)	Número de queda (Valor mínimo expresso em segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstico	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros Usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

Fonte: BRASIL (2010).

Cada uma das classes de trigo é indicada para um tipo de produto final em razão das características da farinha de trigo que implicarão em diferenças nos produtos finais. A farinha de Trigo Brando é indicada para biscoitos, a de Trigo Pão para fabricação de pães, Trigos Melhorador e Durum para massas alimentícias ou macarrões. O trigo para Outros usos é aquele que não obteve o padrão mínimo para classificação e é geralmente usado na alimentação humana em preparações de quibe, tabule ou para produção de ração animal.

1.3.3 FARINHAS MISTAS

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005), o termo farinha mista se encontra englobado dentro da definição de farinhas, as quais são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Nas farinhas mistas geralmente é a farinha de trigo a que leva a adição de farinhas provenientes de outras fontes, as quais podem ser adicionadas em várias porcentagens, para uso em produtos de panificação.

Estudos substituindo parcialmente a farinha de trigo com farinhas como milho, arroz (AGUILAR, PALOMO, BRESSANI, 2004; TEDRUS et al., 2001), aveia, centeio, trigo sarraceno, triticale, quinoa (CHAUHAN, ZILLMAN, ESKIN, 1992; LORENZ, COULTER, 1991; PARK, MAEDA, MORITA, 2005; ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009), amaranto (LORENZ, 1981; SANCHEZ-MARROQUIN et al., 1986; SINDHUJA, SUDHA, RAHIM, 2005; TOSI, CIAPPINI, MASCARELLI, 1996; ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009), lentilha (HERA et al., 2012), banana (VERNAZA, GULARTE, CHANG, 2011), semente de linhaça, farelo de trigo, batata, entre outras, tem sido realizados com o objetivo de atingir novas exigências, tendências e hábitos alimentares, melhorar a composição nutricional, aspectos econômicos, entre outros.

No entanto, a utilização de farinhas compostas dá lugar a problemas técnicos na elaboração de produtos de panificação, devido a mudanças no comportamento estrutural da massa. O componente mais importante do trigo é a proteína do glúten, que

desempenha um papel determinante na formação da massa, retenção de gás e na estrutura do miolo. O percentual de substituição está diretamente relacionado às mudanças que podem ocorrer como resultado, tais como a diluição do glúten e, conseqüentemente, a perda da força da massa. Desta forma, a porcentagem de substituição da farinha de trigo depende principalmente da qualidade e da quantidade das proteínas presentes no trigo, assim como das características tecnológicas da farinha adicionada. Para minimizar o efeito da adição, estudos são necessários a fim de determinar a composição e como consequência a qualidade das farinhas, determinar os mecanismos de interação entre os ingredientes, assim como para inserir ajustes no tempo de mistura da massa, tempo e temperatura de fermentação, entre outros (EL-DASH, CAMPOS, GERMANI, 1994).

1.4 PANETONE

Segundo a ANVISA (2000), panetone é o produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, açúcar, gordura(s), ovos, leite e sal (cloreto de sódio). Em relação às características físicas e físico-químicas, o panetone deve conter no máximo 30 g/100g de umidade, 6,0 mL/100g de acidez e no mínimo 11 g/100g de lipídios.

O panetone é um alimento tradicional originário de Milão, preparado para a época do Natal e Ano Novo na Itália. Apesar da sua origem geográfica, hoje em dia este produto tem uma difusão nacional e internacional abarcando países da América Latina. Este pão feito de massa doce pode ser elaborado com ingredientes opcionais como recheio de frutas tais como damasco, amêndoas, laranja, limão, figo, maçã, cidra, uva passa, frutas cristalizadas ou chocolate (BENEJAM; STEFFOLANI; LEÓN, 2009).

Trazido de Turim na Itália em 1948, o panetone foi lançado no Brasil em 1952 (LORENÇATO, 2010; ABIMA, 2015). Atualmente, de acordo com dados do International Trade Center (ITC), o Brasil se posiciona entre os dez maiores fornecedores mundiais de panetone. Em 2014, a expectativa de produção foi de 65 milhões de unidades e, de acordo com a consultoria Datamark, quando comparado a 2013, a produção do

setor avançou próximo de 11 %, para 110.676 toneladas (ROCHA, 2014; DATAMARK, 2014).

1.4.1 COMPOSIÇÃO DA MASSA DE PANETONE

1.4.1.1 FARINHA DE TRIGO

O ingrediente principal em panificação é a farinha de trigo, devido principalmente à presença do glúten que corresponde às proteínas insolúveis do trigo responsáveis pela formação da massa quando farinha e água são misturadas.

1.4.1.2 ÁGUA

A água, um ingrediente imprescindível na formação da massa, é um agente solvente, dispersante, e meio para reações químicas e bioquímicas. A água hidrata a proteína (formação do glúten), os grânulos de amido íntegros e danificados e a parede celular de polissacarídeos não amiláceos (pentosanas) presentes na farinha (LAI, LIN, 2006). A água também torna possível a manipulação da farinha para formar uma massa viscoelástica e é essencial para a gelatinização do amido, quando a massa é cozida, e o vapor que fornece contribui para a sua expansão no forno (CHARLEY, WEAVER, 1998). Melhores resultados de volume podem ser obtidos com o nível de água mais alto possível, antes da massa se tornar excessivamente pegajosa. Por outro lado, o volume não depende apenas da quantidade de água adicionada à massa, mas também do tempo de batimento aplicado (LAAKSONEN, 2001).

A quantidade de água absorvida pela massa depende principalmente da qualidade da farinha de trigo. Uma farinha de alta qualidade garante máxima absorção de água e retenção da umidade durante o processamento da massa (LAAKSONEN, 2001).

1.4.1.3 ENZIMAS

As enzimas α e β amilase apresentam atividades variáveis e têm grande importância tecnológica. Estas enzimas se encontram presentes naturalmente na farinha de trigo. A β -amilase se encontra em quantidades adequadas, enquanto que, a atividade da α -amilase é baixa devido a perdas durante o processo de extração da farinha. Em consequência, a farinha deve ser suplementada para ajustar o nível. Geralmente são adicionadas α -amilases de origem fúngica. Este ajuste assegura o nível adequado necessário de açúcar para o fermento biológico durante a fermentação e nos estágios iniciais do cozimento (GOESAERT et al., 2005; BENEJAM, STEFFOLANI, LEÓN, 2009; WILLIAMS, PULLEN, 1998).

As amilases apresentam atividade enzimática principalmente sobre o amido danificado. A α -amilase atua sobre as moléculas do amido, amilose e amilopectina, quebrando-as em cadeias menores (dextrinas). A β -amilase ataca as extremidades não redutoras das cadeias de amilose e amilopectina formando moléculas de maltose (Figura 7) (WILLIAMS, PULLEN, 1998; GOESAERT et al., 2005).

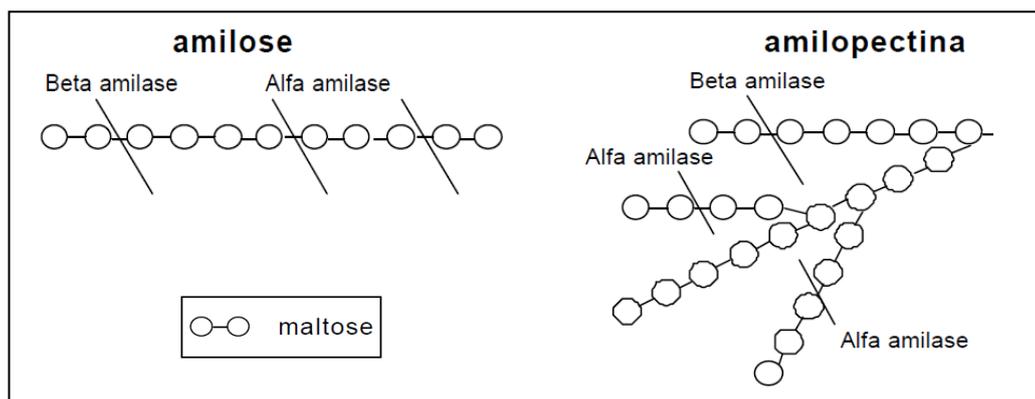


Figura 7 - Representação dos mecanismos de ação das enzimas alfa e beta amilase nas cadeias de amilose e amilopectina presentes no amido (Fonte: Williams e Pullen, 1998).

Em produtos de panificação, estas enzimas melhoram a retenção de gas, o que produz um efeito benéfico no volume e maciez, e ainda estendem a vida útil do produto (WILLIAMS, PULLEN, 1998; GOESAERT et al., 2005).

1.4.1.4 FERMENTO BIOLÓGICO

O fermento biológico ou levedura ativa é o produto obtido de culturas puras de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) (Figura 8) por procedimento tecnológico adequado e empregado para dar sabor próprio, aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados (BRASIL, 1977).

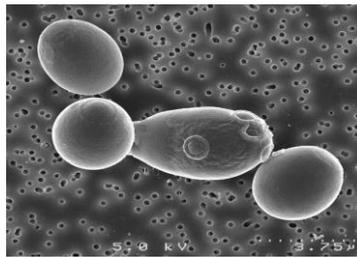


Figura 8 - Levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada como fermento em panificação.

No processo de fermentação, a levedura metaboliza açúcares fermentáveis (glicose, sacarose e maltose), que podem ser adicionados ou produzidos por hidrólise do amido de trigo com enzimas, produzindo sob condições anaeróbias álcool e gás carbônico (CO₂), necessários para o crescimento da massa e para a obtenção de compostos aromáticos característicos (LAI; LIN, 2006). A taxa de fermentação é controlada pela temperatura, fornecimento de nutrientes, nível de água, pH, concentração de açúcar, sal e nível e tipo do fermento (LAI, LIN, 2006).

A utilização de fermentos em produtos de panificação cria duas principais vantagens: um sabor característico e condicionamento da massa. Durante o processo de fermentação, além do álcool e o gás carbônico, também são formados uma série de compostos, incluindo ácidos orgânicos, aldeídos, ésteres e cetonas. Alguns destes

compostos são volatilizados durante o cozimento, outros são submetidos a reações adicionais e a maioria contribui para o sabor e odor do produto. Alguns compostos produzidos durante a fermentação agem como condicionadores de massa e incrementam a extensibilidade da massa através do relaxamento do glúten. Esta é uma função do tempo e do pH, quanto maior o tempo de fermentação, mais pronunciado será o efeito (LAI; LIN, 2006).

1.4.1.5 EMULSIFICANTES

Os emulsificantes são amplamente utilizados em panificação pela capacidade de melhorar o manuseio e a força da massa, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação, manter a maciez do miolo por mais tempo, retardando o processo de endurecimento (PATERAS, 1998). São moléculas anfifílicas, possuem regiões polar ou hidrofílica e não polar ou lipofílica/hidrofóbica na mesma molécula (Figura 9).

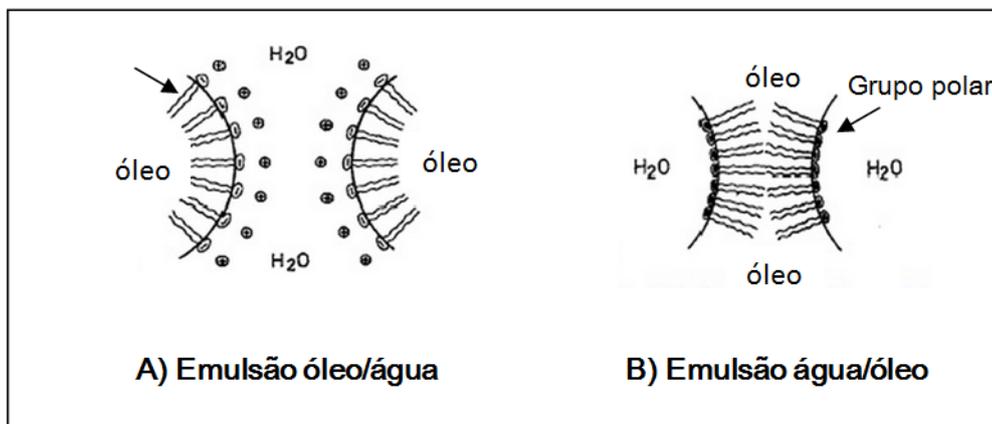


Figura 9 - Diagrama da característica anfifílica do emulsificante. A) Atividade de um agente emulsionante iônico numa emulsão óleo/água. B) Atividade de um agente emulsionante não polar numa emulsão água/óleo. O grupo não-polar é conformado por cadeias apolares (cadeia de hidrocarbonetos) de difícil/impossível hidratação. O grupo polar (glicerol) é facilmente hidratável.

Emulsionantes de vários tipos são amplamente empregados na indústria de panificação para reforçar a massa, facilitar o manuseio, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação e para aprimorar a maciez do miolo entre outras características (LAI; LIN, 2006). Devido a que estas características desejáveis não são encontradas em um único emulsificante, é comum o uso de mais de um tipo. Os monoglicérides (MG) são os mais comumente utilizados na panificação para melhorar a maciez do miolo e retardar o processo de envelhecimento (reduzir a taxa de retrogradação do amido durante o armazenamento). O mecanismo do efeito antienvelhecimento dos MG ainda é desconhecido, mas conclui-se que a redução na firmeza do miolo é provavelmente resultado das interações do MG com a amilose. O emulsificante complexa-se com a amilose linear (contribuindo para a diminuição da firmeza inicial do miolo), e também pode fazer alguma complexação com as ramificações lineares externas da amilopectina (redução considerável da taxa de endurecimento durante o armazenamento) (LAI; LIN, 2006; CAUVAIN; YOUNG, 2006; PATERAS, 1999).

Os ésteres de ácido diacetil tartárico de monoglicéridios (DATEM), estearoil-2-lactil lactato de sódio (SSL), estearoil-2-lactil lactato de cálcio (CSL) e o polisorbato (PS) funcionam como fortalecedores da massa devido à sua capacidade de interagir com o glúten, melhorando a retenção de gás (aumentam a habilidade do glúten de formar um filme que retém o gás produzido pela levedura) e promovendo tolerância da massa (fermentação, manuseio, transporte). No produto acabado, aumentam o volume do pão (ajudam no crescimento da massa no início do assamento), promovem a crocância na crosta e a uniformidade do miolo (estrutura celular mais fina) (LAI, LIN, 2006; CAUVAIN, YOUNG, 2006).

1.4.1.6 SAL

O sal (cloreto de sódio) fortalece a massa pela interação com o glúten e pode ser utilizado no controle da fermentação (devido ao efeito osmótico na célula da levedura). O sal também estende o desenvolvimento da massa, sendo que a adição retrasada na mistura da massa diminui o tempo de mistura em 10 – 20 % (LAI, LIN, 2006, WILLIAMS, PULLEN, 1999), contudo a sua adição tem como função mais importante a de fornecer sabor ao produto.

A quantidade de adição é de aproximadamente 2 % sobre o peso da farinha de trigo, mas quando o açúcar é incluído, especialmente uma elevada quantidade, este nível pode ser reduzido para 1 % (WILLIAMS, PULLEN, 1999).

1.4.1.7 AÇÚCAR

O açúcar é adicionado com a função de servir de substrato no processo de fermentação. Os açúcares são responsáveis pela coloração da crosta, resultado da caramelização (açúcar + calor) e escurecimento não enzimático (açúcares redutores + grupo amino de proteínas, aminoácidos, etc.), sabor e *flavor* característicos no final do assamento (açúcares residuais, subprodutos da fermentação, compostos do tipo *Maillard* durante o cozimento) (LAI, LIN, 2006).

Quando o nível de adição do açúcar é superior a 10 % do peso da farinha, a produção de dióxido de carbono pela levedura é inibida e o volume da massa demora em aumentar. Presumivelmente, uma alta concentração de açúcar limita a entrada de água e de nutrientes para as células de levedura através de um efeito osmótico. A redução da quantidade de sal em uma massa doce irá ajudar a compensar os efeitos de níveis elevados de açúcar sobre a taxa de fermentação. Aumentar a quantidade de levedura é outro meio de manter uma taxa desejável de fermentação. A gordura pode ser aumentada na massa de levedura sem prolongar a fermentação excessivamente (CHARLEY, WEAVER, 1998).

1.4.1.8 GORDURA

Quase todos os produtos panificados contêm gordura, muitas vezes em quantidades significativas (1 – 50 %). A funcionalidade das gorduras é muito versátil em produtos de panificação. Segundo diversos autores, as principais funções são (PODMORE, 2002; LAI, LIN, 2006; O'BRIEN, 2009; STAUFFER, 2005; PAREYT et al., 2011; CAUVAIN, YOUNG, 2006):

- Facilitar a expansão das células de gás na massa. No final do processo de fermentação, os lipídios com ponto de fusão elevado permanecem sólidos e são mais eficazes na retenção do gás;
- Transmitir “encurtamento” (nas cadeias de glúten) e maciez para melhorar o sabor, cor e as características alimentares;
- Contribuir para a estabilização das bolhas de ar incorporadas;
- Inibir a coalescência das bolhas de gás, o que leva a uma estrutura mais fina do miolo (tamanho de célula pequena);
- Contribuir com a maciez da crosta;
- Proporcionar lubrificação para evitar que as partículas de glúten fiquem aderidas para retardar o staling ou envelhecimento;
- Afetar a retenção de umidade para melhorar a vida de prateleira;
- Transferir calor.

Quando uma massa é fermentada as células devem ser capazes de deslizar com facilidade para permitir uma distribuição uniforme dos gases de fermentação. Se as células não podem se mover, o produto vai apresentar uma forma irregular e inchar nas áreas onde os gases se concentraram (LAI; LIN, 2006). Nesse sentido, as gorduras auxiliam no manuseio da massa, deixando-a menos pegajosa, encurtando as cadeias de glúten e, assim, amaciando o produto. Encapam ou envolvem o glúten e outros ingredientes e os lubrificam para que não fiquem pesadamente coesos e sem espaço para expansão. Proporcionam maciez. Possibilitam uma melhor retenção do gás carbônico liberado na fermentação, devido à lubrificação das cadeias do glúten, impedindo seu super desenvolvimento e endurecimento (FIB, 2009).

As qualidades lubrificantes da gordura também vão trabalhar no produto acabado ou assado aumentado por fermentação para dar uma granulosidade e textura macia desejáveis (LAI; LIN, 2006). Ao assar, as gorduras formam uma película protetora da umidade. Também a gordura acentua o sabor de alguns ingredientes e contribui com seu próprio sabor, como é o caso da manteiga (FIB, 2009).

As principais características que definem a firmeza e o desempenho da margarina e a gordura são (PODMORE, 2002):

- A proporção em peso dos cristais, que é governado pela relação sólido-para-líquido;
- O ponto de fusão dos cristais;
- A geometria cristalina, que é o seu tamanho, forma e o alinhamento;
- O grau de formação de cristais mistos;
- A capacidade dos cristais para floccular em uma rede que aumenta a firmeza.

O ponto de fusão de uma mistura de triglicerídeos é a temperatura na qual o último traço de sólidos se funde. Devido às gorduras apresentarem em sua composição diferentes tipos de triglicerídeos com pontos de fusão variados, estas apresentam uma faixa de temperatura de fusão, na qual todos os triglicerídeos são sólidos abaixo dessa faixa (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Quando uma gordura se solidifica, ela assume uma forma de cristal (LAI; LIN, 2006). As gorduras e ácidos graxos apresentam polimorfismo que é a capacidade de existir em mais de uma forma cristalina e assim possuem múltiplos pontos de fusão. Triglicerídeos ocorrem em qualquer um dos três polimorfos básicos designados de alfa (α), beta prima (β') e beta (β) (PODMORE, 2002; METIN; HARTEL, 2005; O'BRIEN, 2009; CAUVAIN, YOUNG, 2006):

- A forma α é o arranjo menos compactado e por tanto, é o menos estável e tem o ponto de fusão mais baixo. Apresenta o menor tamanho de cristal (tipicamente $< 2 \mu\text{m}$);
- A forma β' é mais estável do que a forma α , mas transforma-se irreversivelmente à forma β ;
- A forma β é a mais estreitamente compactada e é o polimorfo com o ponto de fusão mais alto. O tamanho de cristal apresenta dimensões na gama de 5 - 30 μm .

Geralmente, as gorduras na forma α caracterizam-se como cerosos; gorduras na forma β' são caracterizados como de granulação fina (cristais pequenos) e com textura

suave, e os da forma β (cristais grandes, grossos e auto-oclusivos) são denominados grossos e granulados (SATO, UENO, 2005; O'BRIEN, 2005; LAI; LIN, 2006).

A forma β é a mais estável, mas a forma β' é a preferida devido a que produz gorduras com boa plasticidade, textura suave, resistência ao calor e determina a tendência dos cristais de gordura, além de fornecer propriedades superiores de formação de creme, textura e consistência (O'BRIEN, 2009; O'BRIEN, 2005). Em gorduras de panificação, os pequenos cristais da forma β' , semelhantes a agulhas, concedem boa plasticidade e permitem uma maior retenção de gás da massa (SATO, UENO, 2005; CAUVAIN, YOUNG, 2006). Os cristais largos da forma β podem produzir gorduras com consistência arenosa e quebradiça que resultam em um desempenho pobre na área de panificação, onde as propriedades de cremosidade são importantes. No entanto, são desejáveis para algumas aplicações como massas de torta ou de fritura (O'BRIEN, 2005).

1.4.1.9 MARGARINA

A margarina é uma emulsão de água e óleo aromatizada que contém até 80 % de gordura. É o resultado da mistura de gorduras e óleos selecionados (incluindo a soja, algodão, palma, milho, canola, cártamo, girassol, banha, sebo, dendê e coco) com outros ingredientes adicionais (emulsificantes, sal, cloreto de sódio, cloreto de potássio, açúcares, aromatizantes, corantes, conservantes, acidulantes, etc.) e é enriquecida com vitamina A, sendo utilizada para cozinhar ou como gordura de panificação, substituindo a manteiga de leite, mas é diferente em composição e pode ser alterada fisicamente de acordo com as diferentes aplicações (O'BRIEN, 2009; O'BRIEN, 2006; CHRYSAN, 2005; PAREYT et al., 2011).

A margarina destinada à panificação é projetada para ter uma ampla faixa de plasticidade com boas propriedades de cremosidade parecidas com a gordura padrão multifacetada ou “*all purpose*” (O'BRIEN, 2009).

1.4.1.10 Ovo

A inclusão do ovo em alguns produtos panificados auxilia no crescimento, na coloração, na textura e no sabor. A proteína do ovo proporciona extensibilidade adicional para a massa sem torná-la pegajosa (CHARLEY, WEAVER, 1998). Mesmo se as proteínas do ovo não contribuem diretamente na aeração da massa, colaboram na resistência física no miolo assado (CAUVAIN, YOUNG, 2006).

A gema é composta principalmente de lípidos, sob a forma de fosfolípidos, triglicéridos e colesterol. A parte branca, ou albumina, contém aproximadamente 15% de proteína (LAI, LIN, 2006). Quando adicionado aos produtos de panificação, o ovo cumpre as seguintes funções (LAI, LIN, 2006; PAREYT et al., 2011):

- Proporcionar estrutura: a proteína do ovo, como a proteína glúten, coagula para dar estrutura ao produto cozido (bolos);
- Emulsificação de gorduras e líquidos: A gema do ovo contém emulsificantes naturais (fosfolípidos), que ajudam a produzir massas lisas e contribuem para o volume e textura;
- Fermentação: Ovos batidos incorporam ar em células ou bolhas minúsculas, que causam expansão quando aquecido;
- Ação de “encurtamento”: A gordura na gema de ovo atua como um “*shortening*” (termo originalmente usado para descrever a função de um lipídio sólido o qual lubrifica e/ou enfraquece a massa de pão, conferindo-lhe uma textura macia), uma função importante em produtos que são baixos em outras gorduras;
- Cor e sabor: A gema confere uma coloração amarela à massa, também contribui na cor da crosta e no sabor do produto;
- Valor nutricional.

1.4.1.11 LEITE

A adição do leite contribui para a textura, o realce do sabor e coloração da crosta, na capacidade de retenção de umidade, e na manutenção a qualidade, aumentando, ainda, o valor nutritivo (proteína elevada em lisina e cálcio) dos produtos de panificação (LAI, LIN, 2006; CAUVAIN, YOUNG, 2006).

1.4.1.12 FRUTAS SECAS E CRISTALIZADAS

Frutos secos e cristalizados são usados em muitos produtos de panificação, porém não contribuem na formação da estrutura. A quantidade adicionada depende tanto de custo como das preferências dos consumidores. Uvas passas são adicionadas para conferir sabor. Apresentam níveis relativamente elevados de açúcar, contribuindo assim na doçura do produto. O teor de umidade relativamente baixo e a elevada concentração de açúcar podem levar à migração da umidade a partir do miolo do produto para o fruto. Cerejas e cascas de frutas cítricas podem ser utilizadas para conferir sabor e modificar a qualidade alimentar do produto, principalmente em bolos e produtos fermentados frutados. Os altos níveis de açúcares, que são parte do produto, também contribuem para a extensão do período de vida útil (CAUVAIN, YOUNG, 2006).

1.5 JUSTIFICATIVA

Atualmente, verifica-se uma maior exigência do mercado consumidor, que busca produtos diferenciados, com qualidade e com aspectos nutricionais relevantes. Nos últimos anos, o conceito de alimentos funcionais voltou-se principalmente para ingredientes alimentares que exercem efeito benéfico sobre a saúde do consumidor. Um alimento funcional é aquele que, além de suas propriedades nutricionais básicas, produz efeitos metabólicos e/fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devido ao seu conteúdo de diferentes componentes que auxiliam na prevenção e até tratamento de doenças. Assim, quando ingeridos regularmente, podem reduzir o risco do desenvolvimento de diversos problemas de saúde, como câncer, colesterol, pressão alta, problemas intestinais, entre outros. Na indústria de alimentos, várias substâncias são utilizadas para melhorar as propriedades nutricionais do produto final. Geralmente, os produtos são enriquecidos para garantir o consumo dos valores recomendados principalmente de vitaminas e minerais.

Os produtos de panificação são elaborados principalmente com farinha de trigo, no entanto a substituição parcial deste produto apresenta uma boa alternativa para a produção de alimentos que apresentem características nutricionais melhoradas de modo a enriquecer o produto oferecido.

Em trabalhos realizados com produtos de panificação, vêm sendo estudadas a possível adição de substâncias com propriedades nutricionais específicas que possam melhorar o valor nutritivo, porém, sem produção de mudanças nas propriedades de qualidade tais como sabor, odor, cor, entre outros, ou seja, a adição não deverá ser perceptível.

A adição de farinhas de maca, amaranto e quinoa como ingredientes na preparação de alimentos como panetone, pode garantir o desenvolvimento de produtos com propriedades nutricionais favoráveis à saúde do consumidor. Assim, o presente trabalho propõe a utilização das farinhas destes alimentos como substitutos parciais de farinha de trigo na elaboração de panetone, para a obtenção de um produto nutricionalmente enriquecido.

1.6 OBJETIVOS

▪ OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da substituição parcial de farinha de trigo pelas farinhas de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone, visando obter produtos enriquecidos e com características físicas e sensoriais semelhantes àqueles produzidos exclusivamente com farinha de trigo.

▪ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da substituição parcial nas características físico-químicas e reológicas de farinhas mistas com 10, 20, 30 e 40 % de adição.
- Determinar as características físicas e reológicas na massa fermentada de panetone elaborada a partir de farinhas mistas de trigo e amaranto, quinoa ou maca.
- Avaliar a composição físico-química e vida de prateleira do produto assado.
- Avaliar a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra de panetones enriquecidos com farinhas de amarato, quinoa ou maca.
- Determinar as propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de produtos comerciais.

1.7 REFERÊNCIAS

ABIMA. Associação Brasileira das Industrias de Biscoitos, Massas Alimenticias e Pães e Bolos Industrializados. Anuário Abimapi. Abimapi Directory. Directorio Abimapi 2015. Disponível em: http://abima.com.br/cloud/ABIMAPI_ANUARIO_2015.pdf. Acesso em: 25 jul. 2015.

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Estatísticas**. Importação e exportação. 2015. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=09.00.00>. Acesso em 20 abr. 2015.

ABUGOCH, J. L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, p.1-31, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 27 dec. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.90, de 18 de outubro de 2000**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC_90_2000.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 27 dec. 2012.

AGUILAR, M.J.R.; PALOMO, P.; BRESSANI, R. Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.3, p.314-321, 2004.

AHAMED, N.T.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R.; PAL, M. A lesser known grain, *Chenopodium quinoa*: a review of the chemical composition of its edible parts. **Food and Nutrition Bulletin**, v.19, n.1, p.61-70, 1998.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.60, suppl.4, p.240-257, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, n.2, p.106-113, 2010. [Review].

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free formulations. **European Food Research and Technology**, v.230, n.3, p.437-445, 2010.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat

and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v.119, n.2, p.770-778, 2010b.

ANDO, H.; CHEN, Y.; TANG, H.; SHIMIZU, M.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Food components in fractions of quinoa seed. **Food Science and Technology Research**, v.8, n.1, p.80-84, 2002.

ATWELL, W.A.; PATRICK, B.M.; JOHNSON, L.A.; GLASS, R.W. Characterization of quinoa starch. **Cereal Chemistry**, v.60, n.1, p.9-11, 1983.

BAARDSETH, P.; KVAAL, K.; LEA, P.; ELLEKJAER, M.R.; FAERGESTAD, E.M. The effects of bread making process and wheat quality on French baguettes. **Journal of Cereal Science**, v.32, n.1, p.73-87, 2000.

BAKER, L.A.; RAYAS-DUARTE, P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. **Cereal Chemistry**, v.75, n.3, p.301-307, 1998.

BARAK, S.; MUDGIL, D.; KHATKAR, B.S. Relationships of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. **LWT – Food Science and Technology**, v.51, n.1, p.211-217, 2013.

BECKER, R.; WHEELER, E.L.; LORENZ, K.; STAFFORD, A.E.; GROSJEAN, O.K.; BETSCHAT, A.A.; SAUNDERS, R.M. A compositional study of amaranth grain. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1175-1180, 1981.

BENEJAM, W.; STEFFOLANI, M.E.; LEÓN, A.E. Use of enzyme to improve the technological quality of a panettone like baked product. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, n.12, p.2431-2437, 2009.

BENNION, E.B. **Fabricación de pan**. Zaragoza: Acribia, 1970. 404p.

BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Grain Amaranth. In: BELTON, P.; TAYLOR, J.R.N., eds. **Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p.219-260.

BERTI, C.; RISO, P.; MONTI, L.D.; PORRINI, M. *In vitro* starch digestibility and *in vivo* glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. **European Journal of Nutrition**, v.43, n.4, p.198-204, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. **Instrução Normativa n.38, de 30 de novembro de 2010**. Estabelece o Regulamento técnico do trigo. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/trigoInstrucaoNormativa3810.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos – CNNPA. **Resolução nº 38 de 1977**. Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinados ao fabrico de produtos foneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolacha, bolo, torta e demais produtos afins de confeitaria. Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8d1eb580474594e29c74dc3fbc4c6735/RES_OLUCAO_CNNPA_38_1977.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 25 set. 2014.

BRESSANI, R. Amaranth. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L.C.; FINGLAS, P.M., eds. **Encyclopedia of food sciences and nutrition**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2003. p.166-173.

BRINEGAR, C.; SINE, B.; NWOKOCHA, L. High-cysteine 2S seed storage proteins from quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.7, p.1621-1623, 1996.

BRUNI, R.; MEDICI, A.; GUERRINI, A.; SCALIA, S.; POLI, F.; MUZZOLI, M.; SACCHETTI, G. Wild *Amaranthus caudatus* seed oil, a nutraceutical resource from Ecuadorian flora. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.11, p.5455-5460, 2001.

BRUNI, R.; GUERRINI, A.; SCALIA, S.; ROMAGNOLI, C.; SACCHETTI, G. Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from *Amaranthus caudatus* seeds: Ultrasonic and supercritical fluid extraction. **Phytochemical Analysis**, v.13, p.257-261, 2002.

CAMARGO, C.E.O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G.; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J.L. Avaliação de genótipos de trigo oriundos de cruzamento interespecífico e radiação gama no estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p.25-37, 1995.

CAPERUTO, L.C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C.R.O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, n.1, p.95-101, 2001.

CAPRILES, V.D.; ALMEIDA, E.L.; FERREIRA, R.E.; ARÊAS, J.A.G.; STEEL, C.J.; CHANG, Y.K. Physical and sensory properties of regular and reduced-fat pound cakes with added amaranth flour. **Cereal Chemistry**, v.85, n.5, p.614-618, 2008.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Avaliação da qualidade tecnológica de *snacks* obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.1, p.21-29, 2012.

CAPRILES, V.D.; COELHO, K.D.; GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo cookie e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, v.17, n.3, p.269-274, 2006.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Baked products: science, technology and practice**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 242p.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. **Foods: a scientific approach**. 3.ed. Upper Saddle River: Merrill, 1998. 582p.

CHAUHAN, G.S.; ESKIN, N.A.M.; TKACHUK, R. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. **Cereal Chemistry**, v.69, p.85-88, 1992.

CHAUHAN, G.S.; ZILLMAN, R.R.; ESKIN, N.A.M. Dough mixing and breadmaking properties of quinoa-wheat flour blends. **International Journal of Food Science and Technology**, v.27, n.6, p.701-705, 1992.

CHOI, H.; KIM, W.; SHIN, M. Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. **Starch/Stärke**, v.56, n.10, p.469-477, 2004.

COGSWELL, T. Quality laboratory. In: PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. cap.4, p.613-660. [v.1. Fundamentals and ingredients].

BLAZEK, J.; SALMAN, H.; LOPEZ RUBIO, A.; GILBERT, E.; HANLEY, T.; COPELAND, L. Structural characterization of wheat starch granules differing in amylase content and functional characteristics. **Carbohydrate Polymers**, v.75, n.4, p.705-711, 2009.

COULTER, L.A.; LORENZ, K. Extruded corn grits-quinoa blends. I. Proximate composition, nutritional properties and sensory evaluation. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.15, n.4, p.231-242, 1991.

DANZ, R.A.; LUPTON, J.R. Physiological effects of dietary amaranth (*Amaranthus cruentus*) on rats. **Cereal Foods World**, v.37, n.7, p.489-494, 1992.

DATAMARK. Marketing Intelligence Brazil. Fabricantes de panetone diversificam para garantir crescimento neste ano. Disponível em: <https://www.datamark.com.br/noticias/2014/10/fabricantes-de-panetone-diversificam-para-garantir-crescimento-neste-ano-163528/?q=panetone>. Acesso em: 15 out. 2014.

DENDY, D.A.V.; DOBRASZCZYK, B.J. **Cereal and cereal products: chemistry and technology**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2001. 429p.

DINI, A.; MIGLIUOLO, G.; RASTRELLI, L.; SATURNINO, P.; SCHETTINO, O. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. **Food Chemistry**, v.49, n.4, p.347-349, 1994.

DODOK, L.; MODHIR, A.A.; BUCHTOVÁ, V.; HALÁSOVÁ, G.; POLÁČEK, I. Importance and utilization of amaranth in food industry. Part 2. Composition of amino acids and fatty acids. **Nahrung**, n.41, n.2, p.108-110, 1997.

EARLY, D.K. Amaranth production in Mexico and Peru. In: JANICK, J.; SIMON, J.E., eds. **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p.140-142.

EL-DASH, A.; CAMPOS, J.E.; GERMANI, R.; MAZZARI, M.R.; CABRAL, L.C., eds. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e sorgo na produção de pães**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. v.4.

FAHEY, J.W.; ZALCMANN, A.T.; TALALAY, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**, v.56, n.1, p.5-51, 2001.

FAOSTAT. FAO Statistical Databases. 2012. Disponível em: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2015.

FIB – REVISTA FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Panificação. Os ingredientes enriquecedores.** N.10, p.22-27, 2009. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/114.pdf>. Acesso em 21 set. 2014.

GALLARDO, M.; GONZÁLEZ, A.; PONESSA, G. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa). Chenopodiaceae. **Lilloa**, v.39, n.1, p.71-80, 1997.

GAMEL, T.H.; LINSSEN, J.P.; ALINK, G.M.; MOSSALLEM, A.S.; SHEKIB, L.A. Nutritional study of raw and popped seed proteins of *Amaranthus caudatus* L and *Amaranthus cruentus* L. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, n.10, p.1153-1158, 2004.

GANZERA, M.; ZHAO, J.; MUHAMMAD, I.; KHAN, I.A. Chemical profiling and standardization of *Lepidium meyenii* (Maca) by reserved phase high performance liquid chromatography. **Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v.50, n.7, p.988-991, 2002.

GIANIBELLI, M.C.; LARROQUE, O.R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C.W. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chemistry**, v.78, n.6, p.635-646, 2001.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C.M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, n.1/3, p.12-30, 2005.

GONZALES, G.F.; RUIZ, A.; GONZALES, C.; VILLEGAS, L.; CORDOVA, A. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) roots on spermatogenesis of male rats. **Asian Journal of Andrology**, v.3, n.3, p.231-233, 2001.

GORINSTEIN, S.; MEDINA-VARGAS, O.J.; JARAMILLO, N.O.; ARNAO SALAS, I.; MARTINEZ AYALA, A.L.; ARANCIBIA-AVILA, P.; TOLEDO, F.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, v.225, n.3/4, p.321-328, 2007.

GORINSTEIN, S.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; HARUENKIT, R.; WEISZ, M.; TRAKHTENBERG, S. Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, n.8, p.886-891, 2002.

GROSS, R.; KOCH, F.; MALAGA, I.; MIRANDA, A.F.; SCHOENEBERGER, H.; TRUGO, L.C. Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. **Food Chemistry**, n.34, n.1, p.25-34, 1989.

HERA, E.; RUIZ-PARÍS, E.; OLIETE, B.; GÓMEZ, M. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. **LWT - Food Science and Technology**, v.49, n.1, p.48-54, 2012.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal: science and technology**. 2.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378p.

HOZOVÁ, B.; BUCHTOVÁ, V.; DODOK, L.; ZEMANOVIC, J. Microbiological, nutritional and sensory aspects of stored amaranth biscuits and amaranth crackers. **Nahrung**, v.41, n.3, p.151-158, 1997.

IRVING, W.D.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1170-1174, 1981.

JAHANIAVAL, F.; KAKUDA, Y.; MARCONE, M.F. Fatty acid and triacylglycerol composition of seed oils of five *Amaranthus* accessions and their comparison to other oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.77, n.8, p.847-852, 2000.

KONG, X.; BAO, J.; CORKE, H. Physical properties of *Amaranthus* starch. **Food Chemistry**, v.113, n.2, p.371-376, 2009.

KOZIOL, M.J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Composition and Analysis**, n.5, n.1, p.35-68, 1992.

KOZIOL, M. Quinoa: a potential new oil crop. In: JANICK, J.; SIMON, J.E., eds. **New crops**. New York: Wiley, 1993. p.328-336. [Proceedings of the Second National Symposium New Crops--Exploration, Research, and Commercialization, Indianapolis, Indiana, October 6-9, 1991].

LAAKSONEN, T.J. **Effects of ingredients on phase and state transition of frozen wheat doughs**. Academic dissertation. Helsinki, 2001.

LAI, H.-M.; LIN, T.-C. Bakery products. In: HUI, Y.H., ed. **Handbook of food science, technology, and engineering**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006. v.4, cap.148, p.148.1-148.50. (Food science and technology, 148).

LINDEBOOM, N.; CHANG, P.R.; FALK, K.C.; TYLER, R.T. Characteristics of starch from eight quinoa lines. **Cereal Chemistry**, v.82, n.2, p.216-222, 2005.

LORENÇATO, A. Bauduco: 188 panetones por minuto. Com produção surpreendente, a empresa paulistana é a maior fabricante do doce natalino no país. Disponível em: <http://vejasp.abril.com.br/materia/bauducco-188-panetones-por-minuto/>. Acesso em: 07 dez. 2010.

LORENZ, K. *Amaranthus hypochondriacus*: characteristics of the starch and baking potential of the flour. **Starch/Stärke**, v.33, n.5, p.149-153, 1981.

LORENZ, K. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) starch – physicochemical properties and functional characteristics. **Starch/Starke**, v.42, n.3, p.81-86, 1990.

LORENZ, K.; COULTER, L. Quinoa flour in baked products. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.41, n.3, p.213-223, 1991.

MACMASTERS, M.M.; HINTON, J.J.C.; BRADBUTY, D. Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. 2.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1971. p.51-113. (American Association of Cereal Chemists. Monograph series, v.3).

MARCONE, M.F. Evidence confirming the existence of a 7S globulin-like storage protein in *Amaranthus hypochondriacus* seed. **Food Chemistry**, v.65, n.4, p.533-542, 1999.

MARCONE, M.F.; YADA, R.Y. Evidence for the phosphorylation and glycosylation of the amaranth 11S globulin (amaranthin). **Journal of Food Biochemistry**, v.21, n.5, p.341-369, 1997.

MATTERN, P.J. Wheat. In: LORENZ, K.J.; KULP, K., eds. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.1-53. (Food science and technology, 41).

MATUS-CÁDIZ, M.A.; HUCL, P.; PERRON, C.E.; TYLER, R.T. Genotype x environment interaction for grain color in hard white spring wheat. **Crop Science**, v.43, n.1, p.219-226, 2003.

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of cereals. **Nutrition Bulletin**, v.29, p.111-142, 2004.
Disponível em:
http://www.nutrition.org.uk/attachments/207_Nutritional%20aspects%20of%20cereals.pdf. Acesso em: 15 set. 2012.

MOREAU, R.A.; WHITAKER, B.D.; HICKS, K.B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. **Progress in Lipid Research**, v.41, n.6, p.457-500, 2002.

MOUSIA, Z.; EDHERLY, S.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**, v.37, n.5, p.449-459, 2004.

OBREGÓN, V.L. **Maca: planta medicinal y nutritiva del Perú**. Lima: Instituto de Fitoterapia Americano, 1998. 182p.

O'BRIEN, R.D. Baking shortenings. In: _____. **Fats and oils. Formulating and processing for applications**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, cap.6, p.361-397, 2009.

O'BRIEN, R.D. Shortenings: Types and formulations. In: SHAHIDI, F., ed. **Bailey's industrial oil and fat products**. 6ed. Hoboken: John Wiley & sons. v.4, p.125-157, 2005 [v.4: Edible oil and fat products: products and applications].

OCHOA, C.; UGENT, D. Maca (*Lepidium meyenii* Walp.: Brassicaceae): a nutritious root crop of the central Andes. **Economic Botany**, v.55, n.3, p.344-345, 2001.

OMRAN, S.S.; ASHTON, J.; STATHOPOULOS, C.E. Effect of maca (*Lepidium meyenii*) on some physical characteristics of cereal and root starches. **International Food Research Journal**, v.17, n.4, p.1085-1094, 2010.

PAREYT, B.; FINNIE, S.M.; PUTSEYS, J.A.; DELCOUR, J.A. Lipids in bread making: sources, interactions and impact on bread quality. **Journal of Cereal Science**, v.54, n.3, p.266-279, 2011. [Review].

PARK, S.H.; MAEDA, T.; MORITA, N. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, v.52, n.4, p.337-343, 2005.

PATERAS, I.M.C. Bread spoilage and staling. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S., eds. **Technology of breadmaking**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. p.240-261

PEDERSEN, B.; KALINOWSKI, L.S.; EGGUM, B.O. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). 1. Protein and minerals of raw and processed grain. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.36, p.309-324, 1987.

PODMORE, J. Bakery fats. In: RAJAH, K.K. ed. **Fats in food technology**, CRC Press, Sheffield, U.K., p.30-68, 2002.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v.82, p.481-488, 1998.

PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. 772p. [v.1: Fundamentals and ingredients].

QIAN, J.Y.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch/Stärke**, v.51, n.4, p.116-120, 1999.

QURESHI, A.A.; LEHMAN, J.W.; PETERSON, D.M. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. **Journal of Nutrition**, v.126, n.8, p.1972-1978, 1996.

QUIRÓS, C.F.; CÁRDENAS, R.A. Maca: *Lepidium meyenii* Walp. In: HERMANN, M.; HELLER, J., eds. **Andean roots and tubers**: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1992. p.173-198. (Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 21).

RANHOTRA, G.S.; GELROTH, J.A.; GLASER, B.K.; LORENZ, K.J.; JOHNSON, D.L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. **Cereal Chemistry**, v.70, n.3, p.303-305, 1993.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. Lipídeos. In: **Química de alimentos**. 2ed. São Paulo. Editora Blucher, p.112-167, 2007, 184p.

ROCHA, F. Mais de 65 milhões de panetones foram produzidos para o Natal 2014. Disponível em: <http://franconoticias.com.br/mais-de-65-milhoes-de-panetones-foram-produzidas-para-o-natal-2014.html>. Acesso em: 04 jul. 2015.

RONDÁN-SANABRIA, G.G.; FINARDI-FILHO, F. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.492-498, 2009.

ROSELL, C.M.; CORTEZ, G.; REPO-CARRASCO, R. Breadmaking use of the Andean crops quinoa, kaniwa, kiwicha, and tarwi (*Lupinus mutabilis*). **Cereal Chemistry**, v.86, n.4, p.386-392, 2009.

RUALES, J.; NAIR, B.M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.42, n.1, p.1-11, 1992.

RUALES, J.; NAIR, B.M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. **Food Chemistry**, v.48, n.2, p.131-136, 1993.

RUALES, J.; NAIR, B.M. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.45, n.3, p.223-246, 1994.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T.P.; MAGUIRE, A.R.; O'BRIEN, N.M. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.62, n.3, p.85-91, 2007.

SALAS, A.G.V. **Elaboração de produtos com características funcionais à base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. Sao Paulo, 2011. 106p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

SANCHEZ-MARROQUIN, A.; DEL VALLE, F.R.; ESCOBEDO, M.; AVITIA, R.; MAYA, S.; VEGA, M. Evaluation of whole Amaranth (*Amaranthus cruentus*) flour, its air-classified fractions, and blends of these with wheat and oats possible components for infant formulas. **Journal of Food Science**, v.51, n.5, p.1231-1234, 1986.

SATO, K.; UENO, S. Polymorphism of triacylglycerols and natural fats. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products**. 6ed. Hoboken, NJ: John Wiley & sons, v.1, p.77-120, 2005.

SAUER, J.D. The grain amaranth and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.54, n.2, p.103-137, 1967.

SCHOENLECHNER, R.; DRAUSINGER, J.; OTTENSCHLAEGER, V.; JURACKOVA, K.; BERGHOFER, E. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.65, n.4, p.339-349, 2010.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E.K.; BELLO, F.D., eds. **Gluten-free cereal products and beverages**. Boston: Academic Press, 2008. cap.7, p.149-190. (Food science and technology).

SILVA, G.M.; TURINEK, M.; JAKOP, M.; BAVEC, M.; BAVEC, F. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. **Agricultura**, v.6, n.2, p.43-53, 2009.

SIMOPOULOS, A.P. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.60, n.9, p.502-507, 2006.

SINDHUJA, A.; SUDHA, M.L.; RAHIM, A. Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. **European Food Research and Technology**, v.221, n.5, p.597-601, 2005.

SPEHAR, C.R.; SOUZA, P.I.M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.5, p.635-639, 1993.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; CABEZAS, W.A.R.L.; ERASMO, E.A.L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.659-663, 2003.

SOUSA, C.N.A. **Reação de linhagens de trigo de sigla PF ao crestamento em testes de campo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 6p. (Embrapa Trigo. Pesquisa em Andamento Online, n.2). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_pa02.htm. Acesso em: 18 nov. 2012.

SOUSA, C.N. **Reação ao crestamento de cultivares de trigo em recomendação na região tritícola Centro-sul Brasileira em 1999**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 4p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, n.50). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co50.htm. Acesso em: 18 nov. 2012.

STAUFFER, C.E. Fats and oils in bakery products. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products**. John Wiley & sons, 6ed. v.6, p.207-227, 2005.

TAYLOR, J.R.N.; PARKER, M.L. Quinoa. In: BELTON, P.; TAYLOR, J.R.N., eds. **Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p.93-122.

TEDRUS, G.A.S.; ORMENESE, R.C.S.C.; SPERANZA, S.M.; CHANG, Y.K.; BUSTOS, F.M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia, e amido de trigo na qualidade dos pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.20-25, 2001.

TOSI, E.A.; CIAPPINI, M.C.; MASCARELLI, R. Utilización de la harina integral de amaranto (*Amaranthus Cruentus*) en la fabricación de galletas para celíacos. **Alimentaria**, n.269, p.49-51, 1996.

TOSI, E.A.; RÉ, E.D.; MASCIARELLI, R.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; DE LA TORRE, M.A. Whole and defatted hyperproteic amaranth flour tested as wheat flour supplementation in mold breads. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.35, n.5, p.472-475, 2002.

TUCKER, J.B. Amaranth: the once and future crop. **BioScience**, v.36, n.1, p.9-13, 1986.

VALENCIA-CHAMORRO, S.A. Quinoa. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGLAS, P., eds. **Encyclopedia of food sciences and nutrition**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2003. v.8, p.4895-4902.

VALENTOVÁ, K.; BUCKIOVÁ, D.; KŘEN, V.; PĚKNICOVÁ, J.; ULRICHOVÁ, J.; ŠIMÁNEK, V. The *in vitro* biological activity of *Lepidium meyenii* extracts. **Cell Biology and Toxicology**, v.22, n.2, p.91-99, 2006.

VAN DER BORGHT, A.; GOESAERT, H.; VERAVERBEKE, W.S.; DELCOUR, J.A. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **Journal of Cereal Science**, v.41, n.3, p.221-237, 2005. [Review].

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E.A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, n.15, p.2541-2547, 2010.

VERNAZA, M.G.; GULARTE, M.A.; CHANG, Y.K. Adição de farinha de banana verde em macarrão instantâneo: propriedades reológicas e tecnológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011. **Agrotec.**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.

WALKER, C.E.; LI, J. Crops and their processing. In: PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. cap.3, p.567-611. [v.1: Fundamentals and ingredients].

WANG, Y.; WANG, Y.; MCNEIL, B.; HARVEY, L.M. Maca: an Andean crop with multi-pharmacological functions. **Food Research International**, v.40, n.7, p.783-792, 2007. [Review].

WILLIAMS, T.; PULLEN, G. Functional ingredients. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S., eds. **Technology of breadmaking**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. p.45-80.

XU, J.; BIETZ, J.A.; CARRIERE, C.J. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutenin suspensions. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.1025-1030, 2007.

XIE, X.S.; CUI, S.W.; LI, W.; TSAO, R. Isolation and characterization of wheat bran starch. **Food Research International**, v.41, n.9, p.882-887, 2008.

CAPITULO 2: PARÂMETROS DE QUALIDADE EM ALGUMAS MARCAS DE PANETONE BRASILEIRO

RESUMO

No panetone, propriedades físicas e químicas podem determinar além dos atributos de qualidade, a aceitabilidade pelos consumidores. O objetivo do presente trabalho é avaliar atributos de qualidade em nove amostras comerciais de panetone brasileiro. As amostras foram caracterizadas quanto a aspectos físicoquímicos (umidade e cor), atributos de qualidade (volume específico, densidade e textura) e análise de imagem. Os resultados das análises estatísticas (ANOVA e Tukey) mostraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Diferenças no volume específico e densidade foram observadas. As amostras apresentaram valores de umidade entre 22,83 % e 26,86 %. A análise de textura do miolo mostrou elevada variação nos valores de firmeza (entre 2.14 N e 7.55 N). Diferenças significativas nos parâmetros de cor, para crosta (valores de L* entre 31,58 e 44,85, a* entre 12,34 e 16,47 e b* entre 27,15 e 37,28) e miolo (valores de L* entre 64,48 e 72,34, a* entre -0,82 e 3,79 e b* entre 33,43 e 40,97), foram encontrados em todas as amostras. Por meio da análise de imagem foi observada uma variabilidade na estrutura do miolo, porém a análise estatística não mostrou diferenças significativas entre as amostras.

Palavras-chave: Panetone, textura, cor, análise de imagem.

ABSTRACT

In panettone, physical and chemical properties can determine the quality attributes in addition to consumer acceptability. The aim of this work was to assess the quality attributes of nine commercial samples of Brazilian panettone. Samples were characterized according to their physicochemical (moisture and color) aspects, quality attributes (specific volume, density and texture) and image analysis. The results of the statistical analysis (ANOVA and Tukey) showed significant differences ($p \leq 0.05$) among the samples. Differences were observed in the specific volume and density. Samples showed moisture values between 22.83% and 26.86%. The texture analysis showed greater variation in values of crumb firmness (from 2.14 N to 7.55 N). Significant differences in crust (L^* values between 31.58 and 44.85, a^* between 12.34 and 16.47 and b^* between 27.15 and 37.28) and crumb (L^* values between 64.48 and 72.34, a^* between -0.82 and 3.79 and b^* between 33.43 and 40.97) color parameters were found for all samples. Through the image analysis, variability in the crumb structure was observed; however, the statistical analysis showed no significant differences between samples.

Key words: Panettone, texture, color, image analysis.

2.1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005), pão é o produto obtido pela cocção em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes. Pode também apresentar coberturas e recheios, com variações de formato e textura.

O panetone é um pão doce assado originário de Milão, preparado principalmente durante as festas de natal e Ano-Novo na Itália e em países da América Latina. O panetone é feito a partir de uma massa doce, adicionando-se ingredientes opcionais como frutas cristalizadas, passas, amêndoas ou chocolate (GAROFALO et al., 2008; BENEJAM, ESTEFFOLANI, LEÓN, 2009).

Em geral, são empregados na elaboração de panetone os métodos de esponja e massa azeda (BENEJAM, ESTEFFOLANI, LEÓN, 2009). A esponja, usada como substituto para o fermento consiste de uma mistura simples de farinha, água e levedura, que é adicionada à massa antes da mistura e do processo de cocção (LAI, LIN, 2006). A massa azeda, que pode ser uma mistura fermentada espontaneamente de farinha e água, ou mais frequentemente, uma mistura inoculada com uma isca natural (levedura e bactérias do ácido láctico) (GÄNZLE, EHMANN, HAMMES, 1998; VOGEL et al., 1999). Esse último, comumente conhecido como “massa-madre”, é uma massa ácida reproduzida continuamente, renovada ciclicamente usando condições estritas de receitas e desenvolvimento, sendo tradicionalmente usada como inóculo em massas subsequentes (RANDAZZO et al., 2005). Esses métodos ajudam a melhorar o aroma, por conta da liberação de compostos voláteis e aromáticos advindos da fermentação longa (HANSEN, HANSEN, 1996).

Contrário ao pão, o panetone é geralmente um produto que preserva a qualidade durante a armazenagem e pode ser consumido muito tempo após a sua produção; esse período pode atingir até alguns meses. Parece que esse período de armazenagem, que poderia bem ser considerado uma aparente “maturação”, pode até ajudar a acentuar o sabor do produto e, nesse sentido, ser benéfico ao produto final. Isso pode se dar pelo fato

de que na indústria de panificação são empregados diversos aditivos, como agentes oxidantes, emulsionantes e enzimas, a fim de melhorar as propriedades da massa, a tolerância ao processo e a qualidade do pão, e particularmente para aperfeiçoar o prazo de validade (HOSENEY, 1994; BENEJAM, ESTEFFOLANI, LEÓN, 2009).

Tendo em vista que um número crescente de marcas desses produtos está disponível no mercado brasileiro, a análise de suas propriedades físicas e químicas poderia ser útil para determinar a sua identidade e qualidade. Esteller e Lannes (2005) propuseram alguns parâmetros para estabelecer a identidade e qualidade dos produtos de panificação. Esses parâmetros analíticos, como a textura, umidade, volume, cor e análise de imagens demonstraram-se úteis para uma melhor caracterização dos produtos analisados.

2.1.1 TEXTURA

Em produtos de panificação, atributos de textura são características essenciais que os consumidores apreciam. A textura de um alimento é derivada de sua estrutura (BOURNE, 2002) e é definida como o conjunto de atributos mecânicos, geométricos e superficiais, percebidos por receptores mecânicos, táteis, e até visuais e auditivos (ROSENTHAL, 2001; ESTELLER, AMARAL, LANNES, 2004). Essas propriedades estão relacionadas principalmente à deformação, desintegração e movimento do alimento sob a ação de uma força que pode ser medida objetivamente em função de massa, tempo e distância (BOURNE, 2002). A análise do perfil de textura (TPA), inicialmente projetada para a avaliação subjetiva de alimentos, foi adaptada para a medição objetiva baseada em duas compressões sucessivas da mesma amostra por forças que causem certas mudanças irreversíveis ao alimento testado (CAUVAIN, 2009).

2.1.2 COR

A cor é o parâmetro crítico em alimentos assados, determinando sua aceitação pelo consumidor (GIESE, 2000), e resulta da presença de compostos coloridos existentes no

produto (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos. Além desses compostos, a presença de açúcares na formulação acelera a reação de Maillard, levando a douramento progressivo do miolo e crosta, o que pode ser indesejado. Para o controle de qualidade na produção e comercialização de alimentos, a cor pode ser medida por procedimentos instrumentais seguros, usando equipamentos como o colorímetro, que mede as coordenadas L^* , a^* e b^* , e é amplamente usado para avaliação de cores (ESTELLER, LIMA, LANNES, 2006).

2.1.3 ESTRUTURA DO MIOLO

A estrutura celular do miolo é um importante critério de qualidade usado na panificação comercial e em laboratórios de pesquisa para a qualidade dos produtos, juntamente com o sabor, a cor do miolo e a textura física do miolo. Acredita-se que a estrutura celular do miolo tem importância considerável na definição da qualidade de um produto de panificação, já que os outros atributos de qualidade nesses produtos – como o volume – dependem das características do miolo. A avaliação das propriedades mecânicas do miolo podem ser importantes também para avaliar os efeitos de mudanças nos diversos ingredientes da massa e condições de processamento, bem como o efeito do prazo de validade na aceitação de produtos de panificação pelo consumidor (SCANLON, ZGHAL, 2001). Recentemente, tem havido um interesse crescente em adaptar a análise digital de imagens para a avaliação objetiva e quantitativa das características do miolo (RIBOTTA et al., 2010).

2.2 OBJETIVO

O objetivo do presente capítulo foi avaliar os aspectos físico-químicos (umidade e cor) e a atributos de qualidade (volume específico, densidade e textura) em panetões comerciais brasileiros.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 AMOSTRAS

Amostras de produtos comercializados foram adquiridas em um mercado de São Paulo. Nove amostras de panetone de frutas foram selecionadas e aleatoriamente designadas como: A, B, C, D, E, F, G e H, e I era um panetone sem frutas. No momento da análise, as amostras tinham entre 1 (D e G) e 3 (A, B, C, E, F, H e I) meses de fabricação. É estipulado um prazo de validade de no mínimo 6 meses pelos fabricantes para esses produtos.

2.3.2 VOLUME ESPECÍFICO E DENSIDADE

As amostras foram pesadas (g) e o volume da massa assada (mL) foi determinado por meio do método de deslocamento de sementes de painço, porém utilizando-se microesferas de polietileno. Foram calculados o volume específico (mL/g) e a densidade (g/mL). As medições do volume específico e densidade foram realizadas em seis repetições.

2.3.4 TEOR E UMIDADE

O teor de umidade das amostras foi determinado pelo método 44-15A da AACC (1995). As amostras foram trituradas e homogeneizadas (crosta + miolo), pesadas (10 g) em cápsulas de alumínio e desidratadas em estufa a 105 °C por 2 horas. Após a desidratação, as amostras foram acondicionadas em dessecadores até atingirem temperatura ambiente, e então pesadas. O procedimento de secagem e pesagem foi repetido até que um valor constante fosse obtido. As medições de umidade foram realizadas em triplicata.

2.3.5 TEXTURA

Os parâmetros da análise do perfil de textura (TPA) foram determinados usando um texturômetro TA-XT2 (Stable Microsystems Ltd, Reino Unido), nos seguintes parâmetros: prato de compressão P/75 Ø 75 mm, velocidade de dupla compressão 2,0 mm/s, distância 40%, força 100 g, tempo 5 s. Foram quantificados os seguintes parâmetros de textura: firmeza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade e adesividade. Amostras (fatias de 40 mm x 40 mm), retiradas da parte central, foram mantidas na embalagem original, realizando-se prontamente as medições a fim de evitar perda de umidade. Os parâmetros de textura foram medidos em seis repetições.

2.3.6 COR DA CROSTA E MIOLO

Os parâmetros de cor do miolo e crosta foram determinados por meio de espectrofotômetro HunterLab (EUA) modelo UltraScanTMXE, com ângulo do observador de 10° e iluminante D65, 420 nm. A cor foi registrada usando o espaço uniforme de cor CIE-L* a* b* (CIE-Lab), onde L* indica a luminosidade, a* indica a cor no eixo de verde (-) a vermelho (+), e b* indica a cor no eixo de azul (-) a amarelo (+). A medição da cor das amostras foi realizada oito vezes.

2.3.7 ANÁLISE DE IMAGEN DA ESTRUTURA DO MIOLO

Foram obtidas duas fatias (60 mm x 60 mm) da parte central de cada amostra. A análise da estrutura celular do miolo foi realizada por digitalização do corte longitudinal (fatias cortadas verticalmente) das amostras, usando um scanner HP PSC 2355 (HP, Brasil). As imagens em formato JPEG foram analisadas com um analisador de imagens (ImageJ 1.41o; National Institutes of Health, EUA). Foi avaliado um único campo de visão para cada imagem. As imagens foram feitas a partir do centro da fatia. As características da célula do miolo avaliadas foram: número total de células (n), área total de células (mm²), área média de célula (mm²), e diâmetro (mm). A caracterização da estrutura do miolo foi feita em triplicata.

2.3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas das amostras foram realizadas com auxílio do software Statistica 7.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, EUA). Os resultados foram expressos em valores médios \pm desvio padrão (SD). Foi aplicado o teste de Hartley a fim de verificar a homogeneidade de variâncias, e então os testes *post hoc* ANOVA unifatorial e teste de Tukey foram realizados para identificar contrastes entre as amostras, com intervalo de confiança de 95 %.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 VOLUME ESPECÍFICO, DENSIDADE E TEOR DE UMIDADE

Os resultados descritos na Tabela 9 detalham o volume específico, densidade e umidade das nove amostras de panetone. Em nível macroscópico, o pão é composto por duas fases: uma fluida (ar), formada por bolhas isoladas de tamanhos variados, e uma porção sólida (materiais da parede celular) interconectada. A soma das duas fases perfaz o volume. Tanto o volume específico como a densidade indicam a relação entre os sólidos e a fração de ar (SCANLON, ZGHAL, 2001). De acordo com os resultados, foram observadas diferenças de volume específico e densidade entre as amostras. Essas diferenças foram estatisticamente significantes para as amostras A e C, bem como para a amostra I que não continha frutas. As amostras A, C e I se caracterizaram por apresentar o volume específico mais baixo (3,82 mL/g, 3,18 mL/g e 4,47 mL/g, respectivamente). Foi também observada a densidade mais alta na amostra C (0,32 g/mL).

Tabela 9 - Volume específico, densidade e teor de umidade das amostras de panetone

Amostras	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Umidade (%)
A	3,82 ^{bc} ± 0,28	0,26 ^b ± 0,02	23,66 ^{cd} ± 0,46
B	5,02 ^a ± 0,51	0,20 ^c ± 0,02	23,02 ^{cd} ± 0,44
C	3,18 ^c ± 0,33	0,32 ^a ± 0,03	22,83 ^d ± 0,41
D	4,70 ^a ± 0,46	0,21 ^c ± 0,03	25,34 ^{ab} ± 0,38
E	4,79 ^a ± 0,31	0,21 ^c ± 0,01	23,09 ^{cd} ± 0,43
F	4,75 ^a ± 0,48	0,21 ^c ± 0,02	23,16 ^{cd} ± 0,14
G	5,13 ^a ± 0,46	0,20 ^c ± 0,02	26,86 ^a ± 1,34
H	4,58 ^a ± 0,67	0,22 ^c ± 0,03	25,66 ^{ab} ± 0,63
I	4,47 ^{ab} ± 0,41	0,23 ^c ± 0,03	24,62 ^{bc} ± 0,12

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Variações no volume final das amostras podem ocorrer por diversos fatores externos, tais como o tipo de processo, a temperatura e o tempo, bem como fatores relacionados às matérias-primas, como gorduras (O'BRIEN et al., 2000), leite (GALLAGHER, GORMLEY, ARENDT, 2003; KENNY et al., 2000), açúcares, sal, entre outros. Não foi observada relação indicativa da influência do tempo de armazenagem sobre o volume e densidade em função do tempo de armazenagem das amostras com variabilidade estatística significativa. Tendo em vista que o panetone se caracteriza por apresentar estrutura altamente aerada, é importante mencionar que a presença de frutas cristalizadas e passas poderia também ter reduzido o volume efetivo das amostras.

O teor de umidade, associado à maciez e à mastigabilidade, pode variar de acordo com o tipo de produto e as condições do processo. A umidade excessiva aumenta a adesividade da massa e acelera a deterioração microbiológica. Os valores de umidade descritos na Tabela 9 variam entre 22,83 % (amostra C) e 26,86 % (amostra G). Esses valores estão de acordo com aqueles estabelecidos na RDC nº 90 (ANVISA, 2000), a qual indica que os níveis de umidade do panetone não devem exceder 30 %. Comparados ao pão tradicional, no qual a umidade é de aproximadamente 38 %, esses níveis podem ser considerados baixos. No entanto, essa diferença pode estar relacionada principalmente ao fato de que o panetone é um produto que normalmente precisa ser conservado por um tempo maior. Por outro lado, diversos fatores relacionados às condições de armazenagem, embalagem, temperatura, umidade relativa, entre outros, também podem influenciar o teor final de umidade das amostras (CAUVAIN, 1998).

2.4.2 TEXTURA

Os resultados obtidos na análise de textura são apresentados na Tabela 10.

Textura, volume e estrutura são propriedades importantes dos produtos de panificação. No miolo, a textura está relacionada a propriedades mecânicas. A força máxima medida em produtos de panificação depende da formulação. Certos ingredientes como farinha, açúcares, gorduras, emulsionantes, enzimas, adição de glúten e melhoradores de farinha, juntamente com a umidade da massa e a armazenagem (tempo

despendido na fabricação e embalagem do produto), podem afetar o produto final (ESTELLER, LANNES, 2005; SCANLON, ZGHAL, 2001).

A análise de textura das amostras apresentou maior firmeza do miolo na amostra C (7,55 N), próximo ao valor observado no miolo de pães italianos (7,42 N) analisados por Esteller e Lannes (2005). Por outro lado, os valores mais baixos de firmeza (ou mais altos de maciez) foram observados nas amostras E (2,14 N), H (2,17 N) e I (2,60 N). No entanto, esses valores são mais altos se comparados à firmeza do miolo em amostras de pão francês (0,72 N), pão de forma (1,56 N), pão de hot dog/hambúrguer (1,44 N) e ciabata (1,36 N) (ESTELLER, LANNES, 2005).

Tabela 10 - Textura do miolo das amostras de panetone

Sample	Firmeza (N)	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade (N)	Resiliência
A	3,36 ^d ± 0,27	0,64 ^{abc} ± 0,04	0,44 ^{abcd} ± 0,02	0,95 ^{de} ± 0,11	0,12 ^{ab} ± 0,01
B	5,41 ^b ± 0,98	0,60 ^{cd} ± 0,10	0,38 ^{cd} ± 0,04	1,25 ^{bcd} ± 0,20	0,10 ^b ± 0,02
C	7,55 ^a ± 0,64	0,60 ^{cd} ± 0,14	0,38 ^d ± 0,04	1,68 ^a ± 0,27	0,11 ^b ± 0,01
D	5,79 ^b ± 1,04	0,61 ^{abcd} ± 0,11	0,42 ^{bcd} ± 0,06	1,44 ^{ab} ± 0,20	0,10 ^b ± 0,02
E	2,14 ^e ± 0,40	0,52 ^{de} ± 0,10	0,48 ^{ab} ± 0,05	0,51 ^f ± 0,08	0,14 ^a ± 0,02
F	5,28 ^b ± 1,02	0,43 ^e ± 0,05	0,43 ^{abcd} ± 0,07	1,00 ^{cde} ± 0,15	0,13 ^{ab} ± 0,02
G	4,41 ^c ± 0,54	0,71 ^a ± 0,03	0,41 ^{bcd} ± 0,02	1,29 ^{bc} ± 0,17	0,11 ^b ± 0,01
H	2,17 ^e ± 0,34	0,71 ^a ± 0,11	0,51 ^a ± 0,04	0,78 ^{ef} ± 0,13	0,14 ^a ± 0,02
I	2,60 ^{de} ± 0,25	0,61 ^{bcd} ± 0,04	0,47 ^{abc} ± 0,04	0,73 ^{ef} ± 0,08	0,14 ^a ± 0,01

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças significantes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A firmeza ou maciez do miolo é a uma propriedade que tem atraído a maior atenção na avaliação de produtos de panificação, devido à sua associação com a percepção humana de frescor (CAUVIAN, 2009). A perda de crocância da crosta é uma característica do panetone. Ela ocorre porque a crocância da crosta é percebida apenas por pouco tempo após a cocção (ALTAMIRANO-FORTOUL, ROSELL, 2011).

Os valores de coesividade mostraram variações entre as amostras. Valores mais altos de coesividade foram observados nas amostras H e E (0,51 e 0,48, respectivamente). Porém, as amostras B e C tiveram valores mais baixos (0,38 respectivamente). Valores de coesividade mais baixos indicam perda de atração intermolecular entre ingredientes, perda de umidade e tendência ao esfarelamento do miolo e crosta. O desenvolvimento da massa ocorre durante a mistura, após a adição de água. As ligações dissulfeto, de hidrogênio e iônicas mantêm a coesividade e contribuem para a retenção de gases durante a cocção. Durante a armazenagem, mudanças que afetam essas ligações (tais como migração da água, cristalização de amidos, hidrólise de gordura) levam a um desarranjo da estrutura (HOSENEY, 1994; ESTELLER, AMARAL, LANNES, 2004).

Os resultados de elasticidade indicaram valores mais altos para as amostras G e H (0,71 para ambos) e valores mais baixos para as amostras E e F (0,52 e 0,43 respectivamente). Ao comparar a mastigabilidade, foram observados valores mais altos nas amostras C e D (1,68 N e 1,44 N, respectivamente). Por outro lado, valores mais baixos foram observados nas amostras E (0,51N), H (0,7 N) e I (0,73 N). Valores baixos de elasticidade e alta mastigabilidade geralmente são indicadores do tempo de armazenagem (ESTELLER, AMARAL, LANNES, 2004). Contudo, essa razão não foi observada neste estudo, já que as amostras apresentavam tempo de armazenagem menor ou similar no momento da análise. Na amostra C, a mastigabilidade e firmeza foram maiores e podem estar correlacionadas ao teor de umidade mais baixo. Amostras de produtos de panificação antigos e secos requerem mais salivagem e mastigação. Em produtos com formulações complexas, como o panetone, a mastigabilidade é afetada principalmente pelo conteúdo de gordura e açúcares (BENEJAM, ESTEFFOLANI, LEÓN, 2009).

2.4.3 COR

Os resultados das medições de cor para o miolo e crosta são apresentados na Tabela 11. Nos produtos de panificação, a cor surge ao final do período de cocção. Durante o período de cozimento, o aumento das temperaturas leva à inativação da levedura e das enzimas, gelatinização do amido, alteração nas proteínas do glúten e evaporação da água das camadas superficiais, causando o aparecimento da crosta e a reação de Maillard responsável pela cor e sabor. Nesse processo, uma cor de crosta muito escura é resultado de temperaturas do forno extremamente elevadas ou cozimento excessivo. De modo inverso, uma cor clara é um sinal de fermentação longa da massa, forno frio, ou até mesmo tempo de cocção insuficiente (FARAHNAKY, MAJZOBI, 2008; ESTELLER, LIMA, LANNES, 2006).

Na crosta, onde a presença de açúcares acelera a caramelização e as reações de Maillard durante o processo de cocção, os valores mais baixos de L^* foram encontrados para as amostras A ($L^* = 35,53$), B ($L^* = 33,95$), C ($L^* = 31,58$) e E ($L^* = 33,45$), sendo que a amostra D ($L^* = 44,85$) apresentou os valores mais altos. Valores elevados de a^* (desvio para o vermelho), indicando uma cor mais escura, foram observados para as crostas das amostras C ($a^* = 15,48$), D ($a^* = 16,47$) e F ($a^* = 15,26$). Os valores mais altos de b^* também foram encontrados na amostra D (37,28).

Além disso, no miolo das amostras, valores mais altos de luminosidade (L^*), que indicam maior refletância de luz em produtos de cor mais clara e com baixos níveis de açúcares, foram encontrados nas amostras A ($L^* = 70,61$) e D ($L^* = 72,34$). Valores mais altos de a^* , indicativos de certas interações entre ingredientes ativados pelo calor, foram observados para a amostra C ($a^* = 3,79$). Na amostra D, onde foi observada a cor de miolo mais baixa, os valores de a^* foram negativos ($a^* = -0,82$). Valores mais altos de b^* (com alto desvio para o amarelo), típicos de produtos de panificação ricos em proteínas, açúcares e carotenoides, foram encontrados no miolo da amostra C ($b^* = 40,97$). Segundo Esteller e Lannes (2005), algumas variações nos valores de a^* e b^* podem também estar relacionadas à porosidade, e no caso do panetone, à presença de frutas cristalizadas e passas.

Tabela 11 - Cor do miolo e da crosta em amostras de panetone

Amostra	Miolo			Crosta		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A	70,61 ^{ab} ± 1,31	1,17 ^{de} ± 0,21	39,06 ^b ± 1,68	35,53 ^{cd} ± 2,28	14,53 ^{bc} ± 0,24	29,52 ^{bc} ± 1,46
B	64,48 ^f ± 1,64	2,58 ^b ± 0,46	36,87 ^d ± 1,13	33,95 ^d ± 2,30	14,36 ^{bc} ± 0,57	29,10 ^{bc} ± 2,85
C	67,28 ^{de} ± 1,10	3,79 ^a ± 0,67	40,97 ^a ± 1,03	31,58 ^d ± 1,55	15,48 ^{ab} ± 0,83	27,98 ^c ± 1,90
D	72,34 ^a ± 1,74	-0,82 ^f ± 0,15	33,43 ^f ± 1,00	44,85 ^a ± 3,32	16,47 ^a ± 1,04	37,28 ^a ± 3,22
E	68,58 ^{bcd} ± 1,57	1,84 ^c ± 0,35	37,70 ^{cd} ± 1,86	33,45 ^d ± 1,71	13,82 ^c ± 0,71	28,11 ^c ± 1,40
F	65,21 ^{ef} ± 1,51	2,61 ^b ± 0,49	35,56 ^e ± 0,87	39,17 ^{bc} ± 1,36	15,26 ^{ab} ± 0,62	33,08 ^b ± 0,56
G	68,39 ^{bcd} ± 1,55	0,92 ^e ± 0,17	34,55 ^{ef} ± 0,79	39,57 ^{bc} ± 2,48	14,59 ^{bc} ± 0,39	27,15 ^c ± 1,76
H	68,08 ^{cd} ± 1,24	2,02 ^c ± 0,34	39,01 ^b ± 0,76	39,72 ^{bc} ± 2,40	13,57 ^{cd} ± 0,67	28,16 ^c ± 2,52
I	69,62 ^{bc} ± 0,84	1,41 ^d ± 0,19	38,21 ^{bc} ± 0,44	40,43 ^b ± 2,22	12,34 ^d ± 0,53	28,77 ^c ± 2,32

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças significantes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

2.4.4 ANÁLISE DE IMAGEM DA ESTRUTURA DO MIOLO

As principais características do aspecto interno dos pães e produtos fermentados estão geralmente relacionadas ao tamanho, número e distribuição de células no miolo, a cor do miolo, e defeitos significativos de qualidade como buracos visíveis na seção transversal do produto (CAUVAIN, 2009).

A estrutura de um pão é um sistema organizado que pode dizer muito sobre o produto. Em um ambiente aquoso sem pressão adicional, as células gasosas serão sempre redondas. Essas células são claramente visíveis em bolos ou em pães feitos sob sistemas de produção contínua. Essas células têm área mínima de superfície, e conseqüentemente menor energia. Em pães fabricados convencionalmente, muitas das células são alongadas, indicando que foi aplicada força considerável nas células. Esses tipos de célula podem ser vistos no processo esponja-e-massa. O grau de alongamento é, portanto uma medida da força da massa e uma medida direta da mastigabilidade do pão (HOSENEY, 1994).

Além disso, um pão de qualidade é geralmente aquele com estrutura do miolo de alta porosidade e com células gasosas finas e regulares. No entanto, cada tipo de pão tem suas exigências próprias de estrutura celular e, portanto, não há um padrão único a ser aplicado a todos os produtos (CAUVAIN, 2009). Nas amostras de panetone, foi encontrada heterogeneidade na distribuição celular e nos valores de número de células (n), área total de células (mm^2), área média de células (mm^2) e razão entre a área de célula e a área total. A análise dessas características avaliadas na Tabela 12 não demonstrou diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$). Entretanto, os números mais altos e baixos de células, respectivamente, foram observados nas amostras F (830,50) e A (573,50). Todas as amostras de panetone apresentaram uma estrutura de miolo mais aberta. Esse fenômeno foi especialmente evidente para a amostra A, na qual foram observados os valores mais altos de área média de células, sendo a amostra F a que apresentou os valores mais baixos. As amostras A (2195,23 mm^2) e I (1666,89 mm^2) apresentaram, respectivamente, os valores mais altos e mais baixos para área total de células.

Tabela 12 - Análise de imagens da estrutura do miolo das amostras de panetone

Amostra	N° Células (N)	Área total de células (mm ²)	Área média de células (mm ²)	Razão área de célula /área total (Ar)
A	573,50 ± 238,29	2195,23 ± 352,33	4,33 ± 2,41	0,44 ± 0,07
B	705,00 ± 24,04	1846,91 ± 349,41	2,61 ± 0,41	0,37 ± 0,07
C	778,50 ± 75,66	1705,22 ± 133,98	2,19 ± 0,04	0,34 ± 0,03
D	642,50 ± 115,26	1901,48 ± 226,30	3,04 ± 0,90	0,38 ± 0,05
E	624,00 ± 169,71	2093,40 ± 144,12	3,52 ± 1,19	0,42 ± 0,03
F	830,50 ± 10,61	1728,52 ± 109,00	2,08 ± 0,10	0,35 ± 0,02
G	766,50 ± 284,96	1816,91 ± 17,33	2,54 ± 0,92	0,36 ± 0,00
H	752,00 ± 29,70	1685,25 ± 92,09	2,25 ± 0,21	0,34 ± 0,02
I	594,50 ± 102,53	1666,89 ± 341,18	2,90 ± 1,07	0,33 ± 0,07
p-ANOVA ^a	0.35	0.12	0.48	0.12

^aValor de probabilidade obtido por análise de variância unifatorial.

Conforme observado na Figura 10, foram encontradas diferentes formas e áreas para as células em cada amostra. Esses resultados obtidos dos produtos demonstram que mesmo em amostras comerciais ocorre uma variabilidade do miolo e que é bastante complicado obter produtos de panificação com características padronizadas, mesmo quando é empregada uma tecnologia de produção bem definida. Cada tipo de produto apresenta sua própria estrutura celular especial e, portanto, não há um padrão único que possa ser aplicado a todos os produtos (ANGIOLONI, COLLAR, 2009).

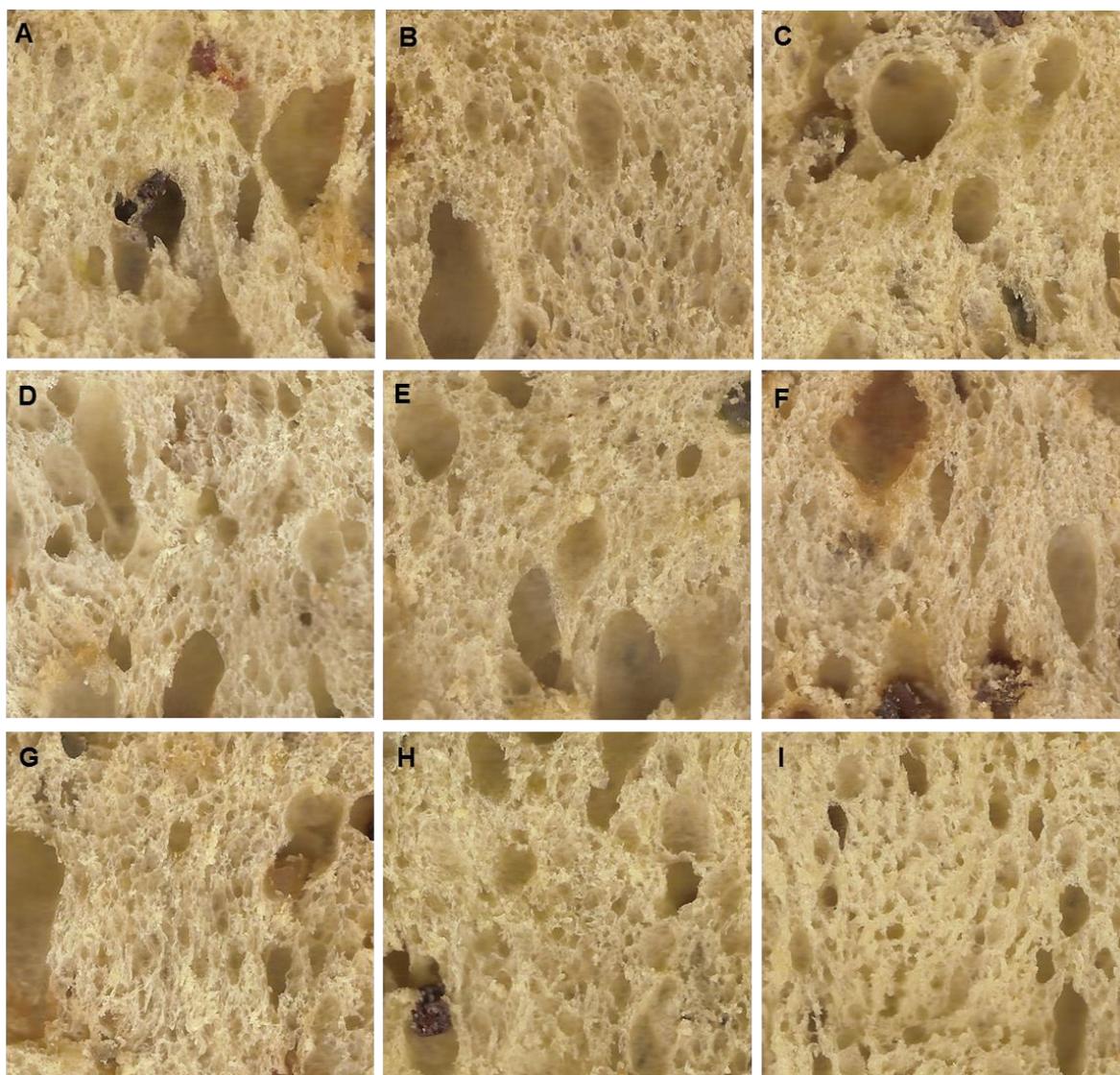


Figura 10 - Análise de imagens da estrutura do miolo de diferentes amostras comerciais de panetone (área de 60 mm x 60 mm).

2.5 CONCLUSÕES

- As análises físicas e físico-químicas efetuadas em algumas amostras de panetones disponíveis no mercado brasileiro demonstraram-se úteis para uma melhor caracterização desse produto.
- Os resultados descritos para os parâmetros estudados indicaram heterogeneidade entre os valores, o que pode estar relacionado principalmente ao processo de produção, formulação e armazenagem das amostras.
- Em relação às datas de fabricação dos produtos, foi observado que não estavam correlacionadas com os parâmetros medidos. Nesses produtos, o prazo de validade não foi decisivo para os resultados.

2.6 REFERÊNCIAS

ALTAMIRANO-FORTOUL, R; ROSELL, C.M. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v.44, n.3, p.631-636, 2011.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9.ed. Saint Paul: AACC, 1995. p.1200.

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Bread crumb quality assessment: a plural physical approach. **European Food Research and Technology**, v.229, n.1, p.21-30, 2009.

BENEJAM, W.; STEFFOLANI, M.E.; LEÓN, A.E. Use of enzyme to improve the technological quality of a panettone like baked product. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, n.12, p.2431-2437, 2009.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427p. (Food Science and Technology International Series).

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 27 dec. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.90, de 18 de outubro de 2000**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC_90_2000.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 27 dec. 2012.

CAUVAIN, S.P. Improving the control of staling in frozen bakery products. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, n.2, p.56-61, 1998. [Review].

CAUVAIN, S.P. The relevance of testing to the manufacture of bread and fermented products. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S., eds. **The ICC handbook of cereals, flour, dough and product testing: methods and applications**. Lancaster: DEStech Publications, 2009. cap.6, p.125-155.

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, v.35, n.4, p.383-393, 2004.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.802-806, 2005.

ESTELLER, M.S.; LIMA, A.C.O.; LANNES, S.C.S. Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. **LWT - Food Science and Technology**, v.39, n.2, p.184-187, 2006.

- FARAHNAKY, A.; MAJZOBI, M. Physicochemical properties of partbaked breads. **International Journal of Food Properties**, v.11, n.1, p.186-195, 2008.
- GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.2/3, p.153-161, 2003.
- GÄNZLE, M.G.; EHMANN, M.; HAMMES, W.P. Modeling of growth of *Lactobacillus sanfranciscensis* and *Candida milleri* in response to process parameters of sourdough fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v.64, n.7, p.2616-2623, 1998.
- GAROFALO, C.; SILVESTRI, G.; AQUILANTI, L.; CLEMENTI, F. PCR-DGGE analysis of lactic acid bacteria and yeast dynamics during the production processes of three varieties of Panettone. **Journal of Applied Microbiology**, v.105, n.1, p.243-254, 2008.
- GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, v.54, n.2, p.62-65, 2000.
- HANSEN, A.; HANSEN, B. Flavour of sourdough wheat bread crumb. **Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung**, v.202, n.3, p.244-249, 1996.
- HOSENEY, R.C. **Principles of cereal: science and technology**. 2.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378p.
- KENNY, S.; WEHRLE, K.; STANTON, C.; ARENDT, E.K. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. **European Food Research and Technology**, v.210, n.6, p.391-396, 2000.
- LAI, H.-M.; LIN, T.-C. Bakery products. In: HUI, Y.H., ed. **Handbook of food science, technology, and engineering**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006. v.4, cap.148, p.148.1-148.50. (Food science and technology, 148).
- O'BRIEN, C.M.; MUELLER, A.; SCANNELL, A.G.M.; ARENDT, E.K. Evaluation of the effect of fat replacers on the quality of wheat bread. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.2/3, p.265-267, 2003.
- RIBOTTA, P.D.; PÉREZ, G.T.; AÑÓN, M.C.; LEÓN, A.E. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. **Food and Bioprocess Technology**, v.3, n.3, p.395-405, 2010.
- RANDAZZO, C.L.; HEILIG, H.; RESTUCCIA, C.; GIUDICI, P.; CAGGIA, C. Bacterial population on traditional sourdough evaluated by molecular methods. **Journal of Applied Microbiology**, v.99, n.2, p.251-258, 2005.
- ROSENTHAL, A.J. **Textura de los alimentos: medida y percepción**. Zaragoza: Acribia, 2001. 311p.
- SCANLON, M.G.; ZGHAL, M.C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v.34, n.10, p.841-864, 2001.

VOGEL, R.F.; KNORR, R.; MÜLLER, M.R.A.; STEUDEL, U.; GÄNZLE, M.G.; EHRMANN, M. Non-dairy lactic fermentations: the cereal world. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v.76, n.1/4, p.403-411, 1999.

**CAPÍTULO 3: EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO
(*AMARANTHUS CRUENTUS* L.), QUINOA (*CHENOPODIUM
QUINOA* W.) E MACA (*LEPIDIUM MEYENII* W.) NAS
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E
REOLÓGICAS DE MISTURAS DE FARINHAS**

RESUMO

No presente estudo, os efeitos da adição de farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) e Maca (*Lepidium meyenii*) sobre as propriedades da farinha de trigo com 10 %, 20 %, 30 % e 40 % de adição, foram avaliados. As propriedades físico-químicas e reológicas foram analisadas. A adição da farinha de maca reduziu a luminosidade e incrementou as diferenças de cor principalmente nas amostras contendo farinha de maca. Partículas com tamanhos $\geq 177 \mu\text{m}$ e $< 88 \mu\text{m}$ aumentaram em misturas de amaranto e maca, respectivamente. Com exceção das misturas de maca, que mostraram atividade enzimática significativa, todas as amostras indicaram a necessidade de suplementação enzimática. Em geral, as amostras apresentaram aumento na percentagem de absorção de água (AA) e diminuição da estabilidade (Est.), do tempo de desenvolvimento da massa (TDM) e da extensibilidade (E). A substituição da farinha de trigo por maca aumentou a resistência à extensão (R), a resistência máxima (R_m) e o valor D(R/E). Em conclusão, a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de amaranto ou quinoa, produziu amostras plásticas e curtas (baixos R e E), enquanto que, amostras rígidas e curtas (elevada R) foram produzidas com a adição de farinha de maca.

Palavras-chave: Amaranto, quinoa, maca, misturas de farinhas, análise da massa, reologia.

ABSTRACT

The effects of amaranth (*Amaranthus cruentus*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and maca (*Lepidium meyenii*) flours on properties of wheat flour dough blended with 10 %, 20 %, 30 % and 40 % addition were evaluated. Physico-chemical and rheological properties were analysed. Addition of maca flour reduced the lightness and increased colour differences especially in samples with maca flour addition. Particles with sizes $\geq 177 \mu\text{m}$ and $< 88 \mu\text{m}$ were increased in amaranth and maca blends respectively. With the exception of maca blends, that showed significant enzymatic activity, all samples indicated demand for use of enzyme supplementation. In general, samples showed increased water absorption (AA) and decreased stability (Est), dough development time (TDM) and extensibility (E). Replacement of wheat flour by maca increased dough resistance to extension (R), maximum resistance (Rm) and D(R/E). In conclusion, partial substitution of wheat flour by amaranth or quinoa flours produced plastic and shorts (low R and E) samples, while rigid and short (high R) samples were produced by adding maca flour.

Keywords: Amaranth, quinoa, maca, flour blends, dough analyses, rheology.

3.1 INTRODUÇÃO

O amaranto (*Amaranthus* spp.) e a quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) são pseudocereais oriundos da região Andina, os quais podem ser adaptados a diferentes condições ambientais, sendo inclusive cultivadas em solos pobres e em altitudes elevadas (ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009). Estas culturas são amplamente reconhecidas como alimentos nutritivos devido principalmente à alta qualidade das proteínas (KOZIOL, 1992; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

A proteína presente no amaranto, composta principalmente por globulinas e albuminas, possui excelente perfil de aminoácidos embora exiba quantidades ligeiramente mais baixas do que as recomendadas para alguns aminoácidos como a leucina, o que sugere que poderia ser necessária a combinação de amaranto com outros grãos para atingir os requisitos recomendados (KOZIOL, 1992, PYLER, GORTON, 2008; SILVA et al., 2009; BECKER et al., 1981).

A quinoa apresenta elevados níveis de lisina, o aminoácido limitante na maioria dos grãos de cereais (ABUGOCH, 2009), histidina e isoleucina, assim como níveis adequados de aminoácidos aromáticos como fenilalanina e tirosina. O elevado nível de lisina presente na proteína (cerca de 6,1%) faz da quinoa nutricionalmente superior ao trigo (KOZIOL, 1992; ABUGOCH, 2009).

A maca (*Lepidium meyenii* W.), pertencente à família *Brassicaceae*, é uma planta herbácea anual ou bienal nativa da região dos Andes. Esta raiz tem sido amplamente utilizada como alimento por causa de seu alto valor nutricional e propriedades (BIANCHI, 2003). O valor nutricional da maca é semelhante aos grãos de cereais, e contém 23 – 59 % de carboidratos, 10,2 – 18 % de proteínas, 0,6 – 2,2 % de lipídios e 4,95 – 8,5 % de fibra. Além disso, apresenta elevado teor de aminoácidos essenciais quando comparada com batata (*Solanum tuberosum* L.) e cenoura (*Daucus carota* L.), e minerais tais como Fe, Ca, K, Cu, entre outros (DINI et al, 1994; BIANCHI, 2003).

A composição e os fatos nutricionais do amaranto, da quinoa e da maca descrevem suas potenciais propriedades funcionais para o desenvolvimento de alimentos nutritivos

(como suplementos ou substitutos de cereais comuns). No entanto, na preparação de produtos de panificação, o principal problema na utilização destas culturas é a baixa percentagem ou ausência de proteínas formadoras de glúten (glutenina e gliadina), o que os torna inadequados para o uso direto na produção de produtos panificados (KOZIOL, 1992; PARK, MAEDA, MORITA, 2005; GOESAERT et al., 2005; BUREŠOVA et al., 2014). Consequentemente, sua adição em produtos fermentados e massas deve ser limitado. Com o objetivo de melhorar o valor nutricional, em produtos de panificação, vários estudos científicos utilizando misturas contendo diferentes níveis de adição de farinha de amaranto ou quinoa já foram realizados (CHAUHAN, ZILLMAN, ESKIN, 1992, TOSI et al., 2002, PARK, MAEDA, MORITA, 2005; SINDHUJA, SUDHA, RAHIM, 2005; ENRIQUEZ et al., 2003). No entanto, os resultados são inconclusivos em relação à quantidade adequada para o desenvolvimento ótimo do produto final. Por outro lado, existem vários trabalhos avaliando a composição e compostos presentes na maca (TELLEZ et al., 2002, RONDÁN-SANABRIA, PIRES, FINARDI FILHO, 2006, RONDÁN-SANABRIA, FINARDI-FILHO, 2009, DINI et al., 1994, WANG et al., 2007, VALENTOVÁ et al., 2006, FAHEY, ZALCMANN, TALALAY, 2001). No entanto, trabalhos relacionados com a aplicabilidade tecnológica da farinha de maca ainda não foram reportados.

Geralmente, a avaliação da qualidade tecnológica para definir a aplicabilidade da farinha é realizada por meio da determinação das características de mistura, estabilidade, elasticidade, extensibilidade, viscosidade, produção e retenção de gás, entre outras. Outras análises complementares são a determinação do teor de glúten, tamanho de partícula, cor, atividade enzimática, e composição química. Através da avaliação das propriedades físico-químicas e reológicas é possível determinar o comportamento, as características de processamento da massa e a qualidade do produto acabado.

3.1.1 FARINOGRAFIA

A farinografia é um teste amplamente utilizado para monitorar o comportamento da massa durante o processo de mistura (HRUŠKOVÁ, ŠVEC, JIRSA, 2006). O farinógrafo mede a resistência da massa à mistura durante sucessivos estágios do seu

desenvolvimento. Por meio de um processo de mistura relativamente suave e prolongado, a massa é formada, é desenvolvida até atingir a consistência máxima e, finalmente, é sobre misturada (mistura além do ponto ótimo ou do pico de consistência). Portanto, a resistência à mistura é crescente no início do processo, atingindo um máximo e passando a ser decrescente no estágio final (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

Este ensaio é realizado utilizando o método 54-21 da AACC (2000), onde são determinados os seguintes parâmetros (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995):

- *Absorção de água (AA)* – quantidade de água necessária para o centro da curva do farinograma alcançar a linha das 500 Unidades Farinográficas (UF). É relatada como uma porcentagem. A absorção de água deverá ser corrigida para a base de 14 % de umidade;
- *Tempo de desenvolvimento da massa (TDM)* – tempo em minutos (min) necessário para a massa atingir o ponto máximo da curva. Ocasionalmente, dois picos podem ser observados. Neste caso, o segundo pico deve ser tomado como ponto de desenvolvimento da massa. Este parâmetro indica a qualidade proteica da farinha;
- *Estabilidade (Est.)* – diferença de tempo (min) relativa ao ponto onde o topo da curva intercepta a linha das 500 UF até o momento em que o topo deixa essa linha. A estabilidade indica o período de tempo no qual a farinha mantém a consistência específica durante o amassamento;
- *Índice de tolerância à mistura (ITM)* – diferença em UF, desde o topo da curva no pico até 5 minutos após o pico ser atingido. Quanto maior o ITM, menor é a tolerância da farinha à mistura.

Na Figura 11 são mostrados o equipamento (farinógrafo) e um exemplo de curva ou farinograma típico no qual são indicados os principais parâmetros usados para avaliar a qualidade das farinhas.

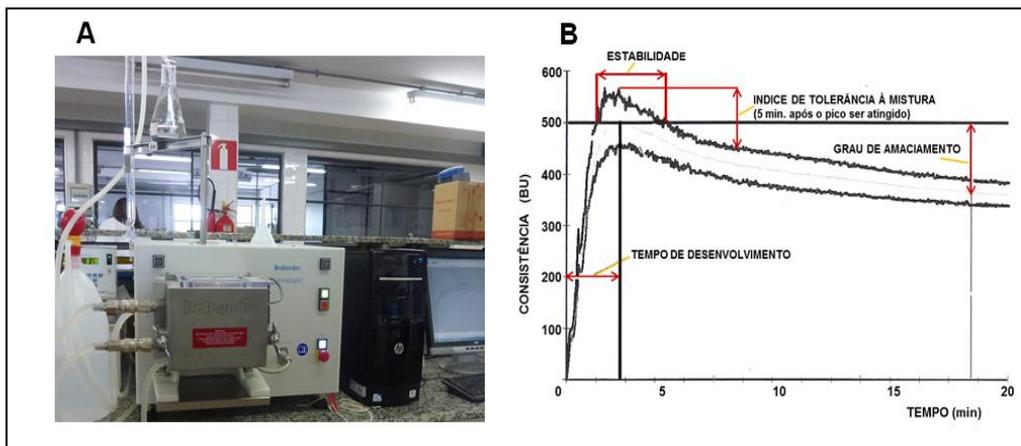


Figura 11 - A) Farinógrafo. B) Exemplo de farinograma típico com indicação dos principais parâmetros medidos a partir da curva (Fonte: Bennion, 1970; Cogswell, 2008).

3.1.2 EXTENSOGRAFIA

O extensógrafo é um instrumento que basicamente mede e registra a resistência da massa à extensão enquanto ela é esticada a velocidade constante após períodos de descanso (BRABENDER, 2010; PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995). Esta resistência à extensão e sua capacidade de estiramento podem ser marcadores importantes para determinar a retenção de gás durante a fermentação (HRUŠKOVÁ, ŠVEC, JIRSA, 2006).

No teste do extensógrafo, as características da massa são medidas em diferentes períodos de descanso, o que permite avaliar a influência do tempo de fermentação no desempenho da farinha em panificação (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995). No extensógrafo, uma porção de massa de forma cilíndrica é estendida até que esta se rompa enquanto a força resultante sobre a peça testada é transmitida através de um sistema equilibrado para um registrador. A massa (com 2 % de sal baseado no peso da farinha) é preparada num misturador (farinógrafo), geralmente com 2 % a menos do que a sua absorção ótima para compensar a adição do sal. De acordo com o procedimento, a massa é desenvolvida até sua consistência atingir seu ponto máximo. Quando a massa é esticada, uma curva de força em função do tempo é gerada. (RASPER, WALKER, 2000). Normalmente, as amostras são submetidas ao estiramento após três períodos de

descanso (aos 45, 90 e 135 min do início) (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

A extensibilidade da massa é avaliada segundo o método n° 54-10 da AACC (2000), sendo determinados os seguintes parâmetros (RASPER, WALKER, 2000; PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995):

- *Resistência à extensão ou elasticidade (R)* – valor expresso em Unidades Brabender (UB) obtido no ponto mais alto da curva a 50 mm, depois que a curva foi iniciada;
- *Extensibilidade (E)* – comprimento do extensograma expresso em milímetros (mm), desde o início até o fim da curva. A extensibilidade indica quantas vezes a massa foi estendida, em relação ao seu comprimento original, até romper-se. Uma extensibilidade de 100 mm equivale a uma extensão correspondente a 10 vezes o comprimento original da massa;
- *Resistência máxima (Rm)* – valor expresso em UB obtido no ponto mais alto da curva;
- *Número proporcional ($D = R/E$)* – é a relação entre resistência à extensão e extensibilidade. Esse valor indica o comportamento da massa. Quanto maior for o valor de D, maior é a tendência da massa a encolher e quanto menor for o valor, maior é a tendência da massa a fluir.

Na Figura 12 são mostrados o equipamento (extensógrafo) e um exemplo de curva ou extensograma típico onde são indicados os parâmetros usados para avaliar e controlar a qualidade da farinha.

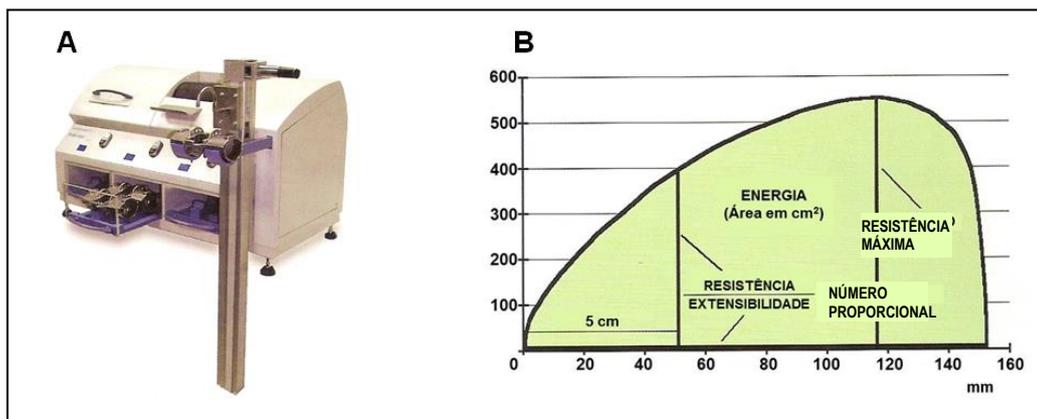


Figura 12 - A) Extensógrafo. B) Exemplo de curva gerada pelo extensógrafo com indicação dos principais parâmetros medidos a partir da curva (Fonte: Cogswell, 2008).

Os parâmetros usados para avaliar e controlar a qualidade da farinha são calculados a partir das curvas (repetições) relativas ao tempo de descanso de 135 min, sendo que o resultado final é dado pela média aritmética dos valores encontrados para cada curva (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

3.1.3 *FALLING NUMBER* (FN)

O *Falling Number* (FN) ou número de queda é um método autolítico desenvolvido por Hagberg (1960) e Perten (1964), o qual tem ampla aceitação devido à sua rapidez, exigências instrumentais simples e elevado grau de reprodutibilidade (COGSWELL, 2008). Esta análise dá uma indicação da susceptibilidade do amido à degradação pelas enzimas. O método é baseado na gelatinização de uma suspensão de farinha em água, por elevação da temperatura e acompanhada da degradação do amido por ação da α -amilase. A atividade enzimática é expressa em termos de número de queda medindo o tempo (em segundos) necessário para a suspensão de farinha agitada ser aquecida e, em seguida, para o agitador cair de uma distância determinada através do gel de farinha quente submetido à liquefação (COGSWELL, 2008). O procedimento mostrando cada passo da análise é apontado na Figura 13.

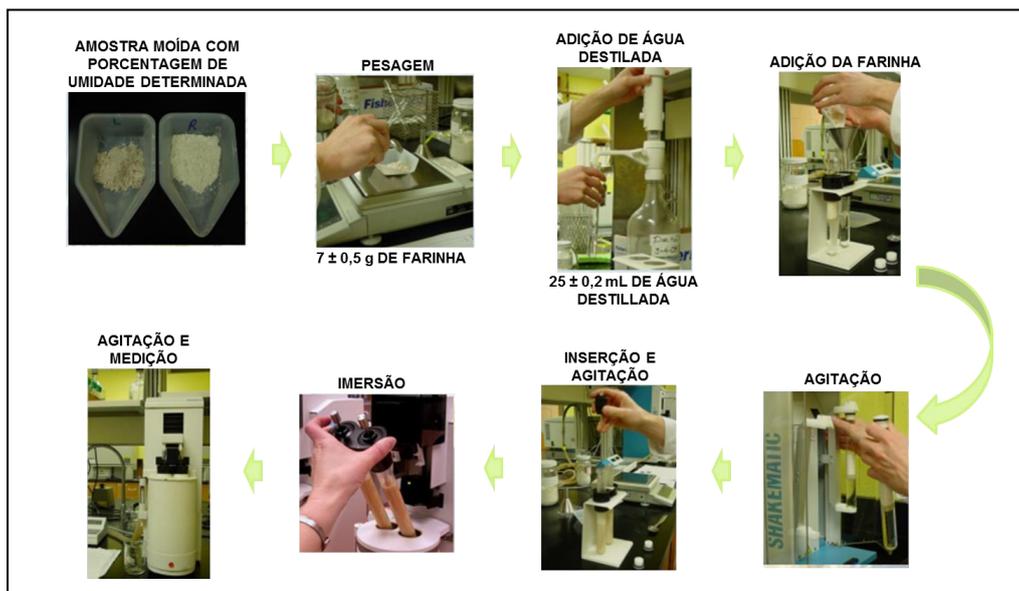


Figura 13 - Procedimento na análise do *falling number* (FN) (Fonte: Breadlink, 2012).

Os valores do FN são expressos em segundos, sendo que o tempo se encontra opostamente relacionado à atividade da enzima, ou seja, quanto menor o tempo, maior a atividade da enzima (COGSWELL, 2008; PERTEN INSTRUMENTS, 2012). No entanto, o teste não mede diretamente a atividade da enzima, mas sim as alterações nas propriedades físicas da porção do amido causada por esta enzima durante a análise. Ele mede os efeitos da α -amilase (COGSWELL, 2008; SOLOGUK, SORENSON, 2005).

A quantidade de enzima presente pode ter um impacto direto sobre a qualidade dos produtos panificados produzidos, sendo que os resultados desta análise se encontram relacionados ao volume e textura final do produto. Farinhas com atividade de α -amilase muito alta (sobre maltadas) (baixos valores de FN; por exemplo, FN = 62 s) geram produtos de baixo volume e com miolo úmido e pegajoso. Se a atividade é muito baixa (elevados valores de FN; por exemplo, FN = 400 s), produtos panificados com miolo seco e volume reduzido serão produzidos. No entanto, quando a farinha exibe atividade diastásica normal (valores de FN se encontram entre 200 e 300 s; por exemplo, FN = 250 s), produtos com elevado volume e miolo de boa textura são obtidos (PERTEN INSTRUMENTS, 2012; PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995; SOLOGUK, SORENSON, 2005). Na Figura 14, podem ser observadas amostras de pão produzidas a partir de farinhas com diferentes valores de FN.

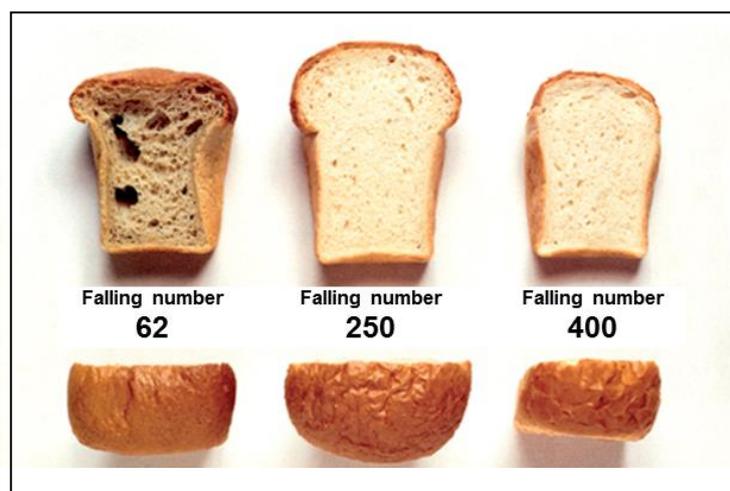


Figura 14 - Pães de forma preparados à base de farinhas de trigo com diferentes valores de *Falling Number* (FN) (Fonte: Perten Instruments, 2012).

Segundo a legislação brasileira, farinhas de trigo com FN inferior a 200 segundos não são indicadas para utilização na produção de pães (BRASIL, 2001). De acordo com Pizzinato, Magno e Campagnolli (1995), no caso de farinha de trigo para a produção de pão, consideram-se três faixas de valores de FN, mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Atividade de α -amilase e performance da farinha de trigo em panificação, em função do valor do *Falling Number*

Valor <i>Falling Number</i> (s)	Atividade da α -amilase	Performance em panificação
< 150 s	Alta	Produto pesado, com baixo volume e miolo úmido e pegajoso.
200 – 300 s	Ótima	Produto com bom volume e miolo de boa textura.
> 300 s	Baixa	Produto com volume reduzido e miolo seco.

s: segundos. (Fonte: Pizzinato, Magno, Campagnolli, 1995).

3.1.4 ANÁLISE DA COR

De acordo com o catálogo da Konica Minolta (2015), a cor pode ser expressa em termos de três atributos: tonalidade ou matiz (*hue*), luminosidade (*lightness*) e saturação (*saturation*), os quais, ao serem colocados juntos, formam um sólido tridimensional. A tonalidade define as cores em vermelho, azul, amarelo, ou a mistura entre elas (formando um círculo de cores). A luminosidade separa as cores em claros e escuros e pode ser calculada independentemente da cor. A saturação, cuja análise é completamente separada dos outros atributos, representa o grau de pigmentação onde as cores são opacas ou mais fracas perto do centro e se tornam mais vívidas ou intensas à medida que se afastam do centro (Figura 15).

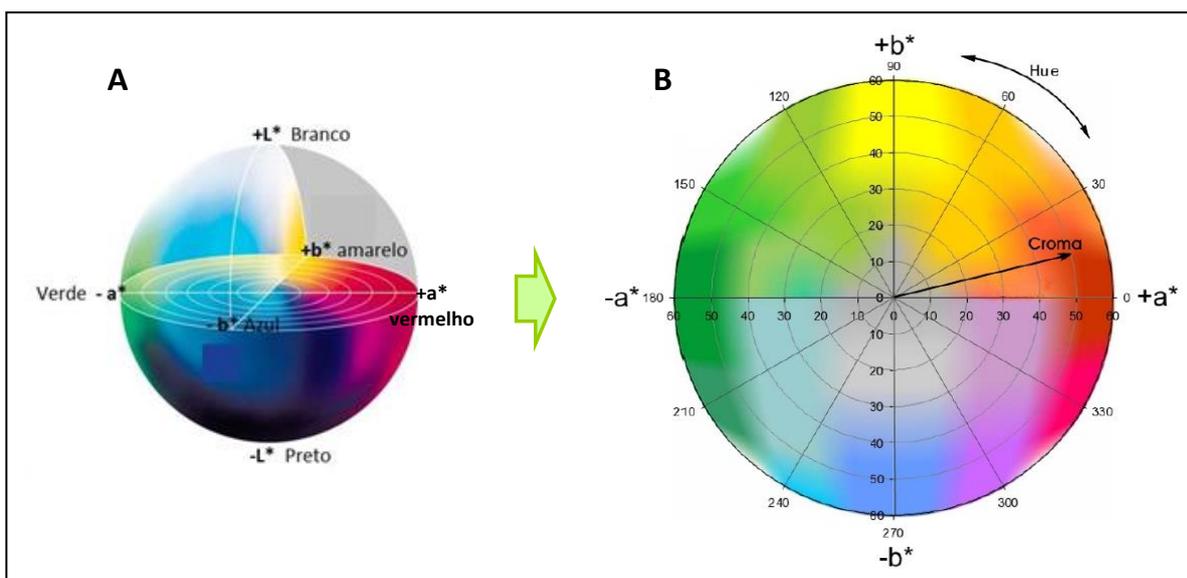


Figura 15 - Sistema de coordenadas de cores. A) Plano de coordenadas de cromaticidade CIELAB: Eixo L^* (Luminosidade) com valores que variam de zero (preto) até 100 (branco); o eixo a^* varia de $-a^*$ (na direção do verde) até $+a^*$ (na direção do vermelho) e o eixo b^* varia de $-b^*$ (na direção do azul) até $+b^*$ (direção do amarelo). B) Diagrama de cromaticidade a^* e b^* (Adaptado de: Konica Minolta, 2015).

Para a expressão numérica da cor, em 1976, o CIE (*Comission Internationale de L'Éclairage*) desenvolveu um método utilizando o espaço colorimétrico L^* , a^* , b^*

(também conhecido como CIELab), o qual proporciona maior uniformidade nas análises colorimétricas em relação às visuais (KONICA MINOLTA, 2015). O espaço de cor CIEL*a*b* é um sistema cartesiano definido por três coordenadas de cromaticidade. Neste sistema de cor, os valores da coordenada L* (luminosidade) variam de zero (preto) a 100 (branco), os valores da coordenada a* variam de -a* (está na direção do verde) até +a* (está na direção do vermelho), e os valores da coordenada b* variam de -b* (está na direção do azul) até +b* (está na direção do amarelo). Os eixos a* e b* não apresentam limites numéricos (HUNTERLAB, 1998; COGSWELL, 2008). Conforme os valores de a e b aumentam e se distanciam do centro, a saturação da cor aumenta (KONICA MINOLTA, 2015).

Os valores delta (ΔL^* , Δa^* e Δb^*), frequentemente utilizados no ajuste de formulação para que se estabeleçam valores de limite de aceitação, indicam o quanto a amostra diferiu do padrão para L*, a* e b*, e são utilizados para o cálculo da diferença total da cor (ΔE^*).

A escala CIE L*, C*, h* surge de uma representação polar do sistema de coordenadas retangulares CIELAB e, por ser obtida matematicamente a partir desta, apresenta uniformidade visual similar. Numericamente, descreve a cor tridimensionalmente em Luminosidade (L*), saturação ($C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) e tonalidade ($h_{ab} = \arctan (b/a)$) (RAMOS, GOMIDE, 2007).

A cor é um aspecto fundamental na maioria dos alimentos, tanto naturais como fabricados, e como tal, é uma das características sensoriais de qualidade mais importantes. Entre as principais razões que destacam a sua importância se encontram o seu uso como indicador físico-químico e/ou biológico, como medida de qualidade e valor econômico, como preditor de outras características de qualidade, e, principalmente, na padronização do produto (CLYDESDALE, 1997).

A cor dos alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto (pigmentos naturais), ou da adição de corantes sintéticos. Na farinha, os pigmentos amarelados naturais presentes afetam a cor do miolo do produto final. Estes pigmentos denominados carotenoides incluem β -caroteno, xantofila e flavonas (GELINAS et al., 1998). No entanto, a cor da farinha de trigo também é afetada por muitas variáveis, entre as quais se encontram o genótipo, as condições climáticas, local

do plantio, tratamento de moagem (condicionamento do trigo antes da moagem, porcentagem de extração, granulometria, teor de proteínas e cinzas), estocagem da farinha e o efeito dos tratamentos de branqueamento (SHUEY, 1975; DAVIES, BERZONSKY, 2003; COGSWELL, 2008; WANG, FLORES, 2000).

3.1.2 TAMANHO DE PARTÍCULA

Farinhas de trigo apresentam diferente tamanho de partícula e distribuição, o qual se encontra significativamente relacionado com as características físicas do grão (dureza, vitreosidade) e a taxa de extração na moagem (LOCATELLI, LIMONTA, STAMPINI, 2008; DEVAUX et al., 1998). No entanto, teores relativos dos componentes da farinha também podem variar em função de fatores tais como a variedade de trigo, meio ambiente, e o processo de extração da farinha (GOESAERT et al., 2005).

De acordo com Kim et al. (2004), diferenças no tamanho das partículas individuais e agregados amido-proteína, presentes em trigos brandos e duros, são devidas à força das interações amido-proteína.

Algumas propriedades da farinha como a capacidade de absorção de água (EL-DASH et al., 1994) podem ser diretamente influenciadas pela granulometria da farinha. Segundo Iwuoha e Nwakanma (1998), o tamanho das partículas também influenciaria a densidade e a viscosidade de pastas alimentícias, sendo que partículas mais finas incrementam estes valores. Por outro lado, de acordo com Bechtel et al. (1993), farinhas de trigo brando apresentam maior porcentagem de tamanho de partícula de menor tamanho em relação a farinhas de trigo duro.

3.2 OBJETIVOS

▪ OBJETIVO GERAL

Investigar os efeitos da adição de farinhas de amaranto, quinoa ou maca nas propriedades físico-químicas e reológicas de massas produzidas a partir de misturas com 10, 20, 30 e 40 % em substituição à farinha de trigo.

▪ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a composição físico-química das farinhas (proteínas, cinzas, lipídeos, estrutura, tamanho de partícula, *falling number* e cor das massas).
- Avaliar o efeito da adição das farinhas sobre as características reológicas da massa através das análises de farinografia e extensografia.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 MATERIAIS

As matérias-primas utilizadas neste estudo foram as seguintes: farinha de trigo (Propan 75 – Bunge, São Paulo, Brazil), as farinhas de amaranto (*Amaranthus cruentus*, BRS-Alegria - Brasil), quinoa (*Chenopodium quinoa*, Bolívia) e maca (*Lepidium meyenii*, Peru) foram adquiridas de uma empresa local (SerLeve, São Paulo, Brasil). Tanto a farinha de trigo como as de amaranto, quinoa e maca foram mantidas a 4 °C até começarem os experimentos.

3.3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As misturas de farinhas foram preparadas pela substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de amaranto, quinoa e maca nas seguintes proporções (Tabela 14):

Tabela 14 - Preparo das misturas de farinha de trigo, amaranto, quinoa e maca

Amaranto	Quinoa	Maca
trigo:amaranto	trigo:quinoa	trigo:maca
90:10	90:10	90:10
80:20	80:20	80:20
70:30	70:30	70:30
60:40	60:40	60:40

Controle: farinha de trigo.

As misturas preparadas (2,0 kg para cada formulação) foram misturadas em misturador planetário (Stand Mixer KitchenAid®, EUA, para 4,83 kg com 10 velocidades) por 15 min e em velocidade 2.

As análises reológicas das farinhas (farinografia e extensografia), assim como a determinação do conteúdo de glúten no controle (farinha de trigo) e o *falling number* foram conduzidas no Laboratório de Cereais da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

3.3.2.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A composição físico-química nas misturas de farinhas foi determinada segundo a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemistry* (AOAC, 2000). As análises foram realizadas em triplicata.

3.3.2.1.1 UMIDADE

Determinada pelo método gravimétrico utilizando estufa a 105 °C (AOAC, 2000).

3.3.2.1.2 PROTEÍNAS

Determinada através do método micro-Kjeldahl (AOAC, 2000), utilizando o fator de conversão do nitrogênio em proteína de 5,7.

3.3.2.1.3 CINZAS

O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo foi determinado pelo método gravimétrico, mediante a incineração e calcinação das amostras em mufla a 550 °C (AOAC, 2000).

3.3.2.1.4 LIPÍDIOS

Determinados pelo método de Soxhlet (AOAC, 2000).

3.3.2.1.5 TEORES E ÍNDICE DE GLÚTEN

Os teores de glúten úmido, seco e o *gluten index* (índice de glúten), avaliados unicamente na farinha de trigo, foram determinados no sistema Glutomatic (*Perten Instruments*, Suécia), conforme método 38-12 da AACC (2000). As análises foram realizadas em duplicata.

3.3.2.1.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A análise da estrutura das farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca foram realizadas utilizando um microscópio eletrônico de varredura FEG Quanta 600 (FEI, Canada - Laboratório de Caracterização Tecnológica, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo da Escola Politécnica da USP), equipado com espectrômetro de energia dispersiva de raios-X (EDS) Quantax 400 (SDD *Technology - Silicon Drift Detector*) e software *Sprit* (Bruker, EUA). As amostras de farinha foram fixadas em fita dupla face de carbono, revestidas de platina para metalização e situados em *stubs* de alumínio no equipamento *Modular High Vacuum Coating System* MED 020 (Bal-Tec, Alemanha). As imagens recolhidas são de elétrons secundários a 10 kV.

3.3.2.1.7 FALLING NUMBER (FN)

O *falling number* (FN) foi determinado utilizando o equipamento *Falling Number* (Perten Instruments, modelo 1800, Suécia), de acordo com o método 56-81B da AACC (2000). Utilizou-se amostras de 7 g de farinha, corrigido para 14 % de umidade, e os resultados foram expressos em segundos (s). As análises foram realizadas em triplicata.

3.3.2.1.8 ANÁLISE DA COR

A cor das farinhas foi determinada utilizando um espectrofotômetro UltraScanTMXE (HunterLab, EUA) com ângulo de observação de 10 ° e D65 iluminante,

420 nm, previamente calibrado. As amostras foram colocadas em uma cubeta e submetidas à quantificação objetiva de cor no espectrofotômetro, com leitura direta dos parâmetros CIELAB (L^* , a^* e b^*). Para cada amostra, a análise foi realizada em triplicata. A partir dos valores de a^* e b^* também foram calculados saturação (C^*_{ab}) e tonalidade (h_{ab}), conforme as equações 1 e 2.

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \arctang(b^*/a^*) \quad (2)$$

As diferenças de cor (ΔE^*_{ab}) entre dois pontos no espaço CIELAB são calculados como a distância Euclidiana entre suas localizações no espaço tridimensional definido por L^* , a^* e b^* . Matematicamente, foram calculados através da aplicação da seguinte fórmula (GARCIA-MARINO, 2013):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

3.3.2.1.9 TAMANHO DE PARTÍCULA

A distribuição do tamanho de partículas das farinhas mistas foi determinada conforme método n° 965.22 da AOAC (2000), com algumas modificações. Amostras de 100 g foram colocadas para peneiragem em equipamento Granutest n° 2707 (Produtest, Brasil) utilizando jogo de seis peneiras de laboratório (com aberturas da malha de 297, 250, 177, 150, 106 e 88 μm) e tempo de agitação de 20 minutos na posição 10 do reostato do aparelho. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em porcentagem de material retido em cada peneira.

3.3.2.2 ANÁLISES REOLÓGICAS

As propriedades reológicas das misturas de farinhas em massas não fermentadas (sistemas água – farinha) foram analisadas no farinógrafo e no extensógrafo.

Estes parâmetros, junto com a determinação do glúten, não podem ser determinados em farinhas puras de amaranto, quinoa e maca, uma vez que não é possível a formação de massa com este tipo de farinhas.

3.3.2.2.1 FARINOGRAFIA

A capacidade de absorção de água e as propriedades de mistura foram determinadas utilizando o farinógrafo Brabender (Brabender Farinograph[®] - E GmbH & Co., modelo 860703, Alemanha), de acordo com o método 54-21 da AACC (2000). Os parâmetros determinados a partir do farinograma foram: absorção de água (AA), estabilidade (Est.), tempo de desenvolvimento da massa (TDM) e o índice de tolerância à mistura (ITM). A bacia de mistura de 300 g foi utilizada e as análises foram realizadas em triplicata para cada amostra.

3.3.2.2.2 EXTENSOGRAFIA

As propriedades de extensografia das misturas foram determinadas utilizando um Extensógrafo Brabender (Brabender Extensograph[®] - E GmbH & Co., modelo 810130, Alemanha), conforme método 54-10 da AACC (2000). Os parâmetros avaliados foram: resistência (R), extensibilidade (E), resistência máxima à extensão (R_m) e número proporcional (D(R/E)) em 45, 90 e 135 min. As medições foram realizadas em triplicata.

3.3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o pacote estatístico Statistica (versão 7.1, StatSoft Inc., Tulsa, OK, EUA) e o ORIGIN 8.0 (OriginLab). Os

valores foram expressos como valores da média \pm desvio padrão (SD). O teste de Hartley foi aplicado para verificar a homogeneidade da variância. Diferenças entre as amostras foram avaliadas através de Análise de Variância (ANOVA) e teste Tukey HSD, considerando-se um nível de significância $p < 0,05$. Para as variáveis que não apresentaram homogeneidade de variâncias, o teste de Kruscal-Wallis foi utilizado. Além disso, a relação entre os resultados das propriedades físico-químicas (composição química, cor, FN, e granulometria) e reológicas (farinografia e extensografia) das massas foram examinadas para determinar a análise de correlação. Inicialmente, as respostas analíticas médias para cada amostra (farinha de trigo e misturas) foram verificadas quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. A correlação estatística com base no coeficiente de correlação de Pearson (dados paramétricos) ou coeficiente de correlação de Spearman (dados não paramétricos) foram calculados para verificar a existência e a intensidade da associação entre as variáveis de resposta (GRANATO et al., 2014).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os resultados da análise química das farinhas de amaranto, quinoa, maca e trigo (controle) são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Composição química em farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca

Parâmetros	Trigo	Amaranto	Quinoa	Maca
Proteína* (%)	12,19 ^c ± 0,24	13,97 ^b ± 0,33	12,59 ^c ± 0,20	16,43 ^a ± 0,51
Cinzas* (%)	0,66 ^d ± 0,06	2,45 ^b ± 0,06	2,16 ^c ± 0,06	4,66 ^a ± 0,04
Lipídios* (%)	0,64 ^c ± 0,05	2,78 ^b ± 0,34	3,02 ^a ± 0,38	0,69 ^c ± 0,04
Carboidratos** (%)	86,51	80,81	82,23	78,23
Umidade (%)	12,74 ^a ± 0,11	10,45 ^b ± 0,10	9,73 ^c ± 0,16	9,00 ^d ± 0,13

*Em base seca, os valores são médias ± desvio padrão (n = 3).

**Calculado por diferença, inclui a fração de fibra alimentar.

Médias seguidas de letras diferentes, para cada parâmetro, apresentam diferenças significativas (p < 0,05) de acordo com o teste de Tukey.

As farinhas de amaranto, quinoa e maca apresentaram teores de proteínas e cinzas significativamente mais elevados em comparação com os apresentados pela farinha de trigo. Os maiores valores foram encontrados na farinha de maca com 16,43 % e 4,66 % respectivamente. O conteúdo de lipídios foi similar nas farinhas de trigo e maca, no entanto os valores foram significativamente (p < 0,05) menores em comparação aos apresentados pelo amaranto e quinoa.

Em comparação com a literatura, na farinha de amaranto os teores de cinzas e proteínas (2,45 % e 13,97 %, respectivamente) foram similares àqueles descritos por Lorenz (1981) (2,97 % e 13,9 %, respectivamente). De igual forma, observou-se que os teores de cinzas e proteínas na farinha de quinoa (2,16 % e 12,59 %, respectivamente) se encontram de acordo com os resultados obtidos por Park, Maeda e Morita (2005) (2,1 %

e 12,3 %, respectivamente). Na maca, os valores foram próximos aos observados por Rondán-Sanabria e Finardi-Filho (2009) (5,93 % e 17,69 %, respectivamente).

Na farinha de trigo, o teor de carboidratos e cinzas foi 86,51 % e 0,66 % respectivamente. Na legislação brasileira, o teor de cinzas é utilizado para classificar a farinha de uso doméstico entre os tipos 1 (até 0,8 %), 2 (até 1,4 %) e integral (até 2,5 %) (BRASIL, 2005). A medição do conteúdo de cinzas é usada amplamente pela indústria de moagem como um indicador de contaminação da farinha pelo farelo ou outras impurezas (MOUSIA et al., 2004), chegando a ser considerado como medidor de qualidade e fornecendo indicações sobre o grau de extração e rendimento da farinha. Este critério baseia-se no fato de que a aleurona e o germe contêm maiores concentrações de minerais do que o endosperma amiláceo (BARNES, 1986).

Em relação aos resultados obtidos da análise para determinar os teores e índice de glúten na farinha de trigo, os valores encontrados foram: 26,50 % de glúten úmido, 9,30 % de glúten seco e 98,95 % de índice de glúten ou *gluten index*. Segundo Pizzinato (1999), a farinha de trigo pode ser classificada quanto à qualidade do glúten para panificação como: muito boa (*gluten index* > 90), boa ($90 > \textit{gluten index} > 60$), média ($60 > \textit{gluten index} > 40$) e fraca ($40 > \textit{gluten index}$). De acordo com os resultados, podemos verificar a qualidade da farinha para uso em produtos panificados.

3.4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microestrutura das farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca foram observadas por microscopia eletrônica de varredura (Figuras 16 – 19). A Figura 16 mostra os grânulos de amido presentes na farinha de trigo, intatos em uma distribuição de tamanho bimodal e rodeados por partículas de proteína (GANGADHARAPPA, RAMAKRISHNA, PRABHASANKAR, 2008). Geralmente, o endosperma do trigo contém grânulos de amido dos tipos A e B. Os grânulos tipo A apresentam tamanho maior (10 – 35 μm), com formato lenticular ou de disco, correspondem a 3 % do número total de grânulos de amido, e contribuem com mais de 70 % do peso total. Já os do tipo B são grânulos menores (< 10 μm), com formato esférico ou angular, representando mais do que 90 % em número, e menos do que 30 % em peso (FENG et al., 2013; KIM, HUBER,

2008; PARKER, 1985). O tamanho dos grânulos variou consideravelmente entre as amostras, no entanto ainda os grânulos menores presentes na farinha de trigo apresentaram maior tamanho em relação aos grânulos de amido próprios das farinhas de amaranto e quinoa.

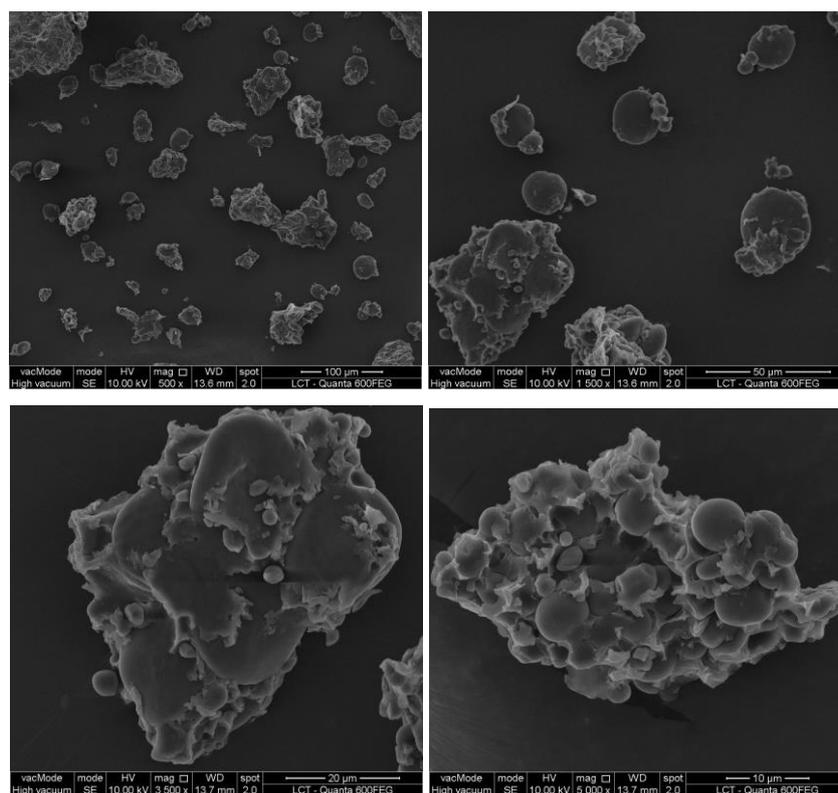


Figura 16 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de trigo. As imagens se encontram em diferentes ampliações.

As Figuras 17 e 18 mostram imagens detalhadas das farinhas de amaranto e quinoa. Ambas as amostras se caracterizam pela presença de pequenos grânulos de amido (diâmetro: 0,5 – 3,0 µm) com formatos poligonais ou formando aglomerados de grânulos de amido (FENG et al., 2013; MARIOTTI et al., 2009; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Na quinoa, esses complexos de grânulos são rodeados por uma matriz de proteínas (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). No amaranto, no entanto, a formação desses aglomerados pode

estar relacionada à interação do amido com proteínas e lipídios (ZHAO, WHISTLER, 1994; TÁPIA-BLÁCIDO, SOBRAL, MENEGALLI, 2010).

Na farinha de maca (Figura 19), os grânulos de amido apresentaram formatos ovais e irregulares e com tamanhos variados, características similares às observadas por Rondán-Sanabria e Finardi-Filho (2009), que observaram grânulos de amido com tamanhos entre 7,4 e 14,9 μm de comprimento e 5,8 – 9,3 μm de diâmetro.

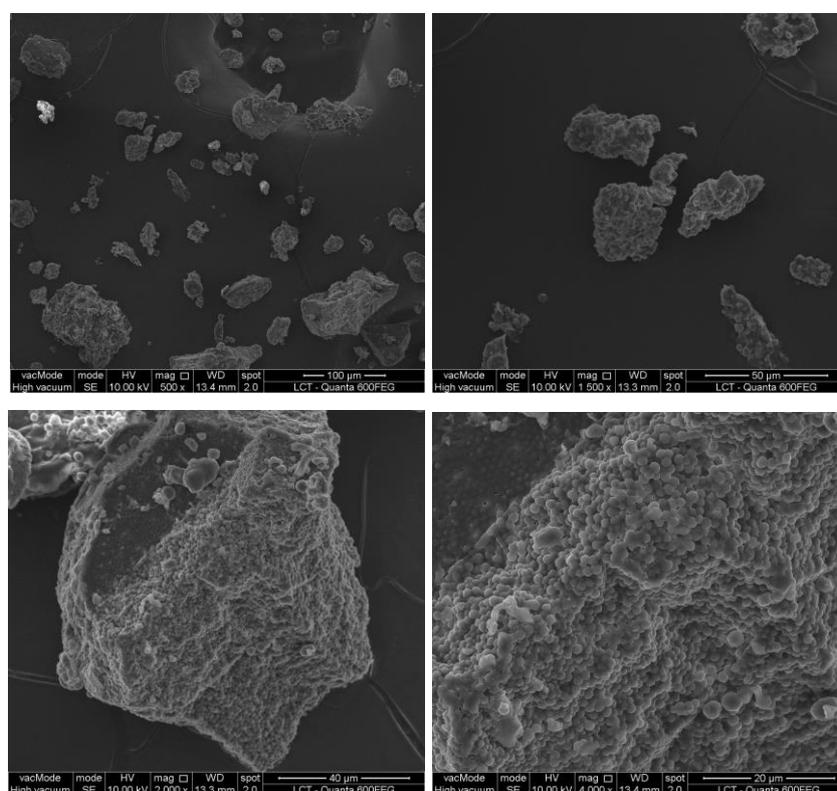


Figura 17 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de amaranto. As imagens se encontram em diferentes ampliações.

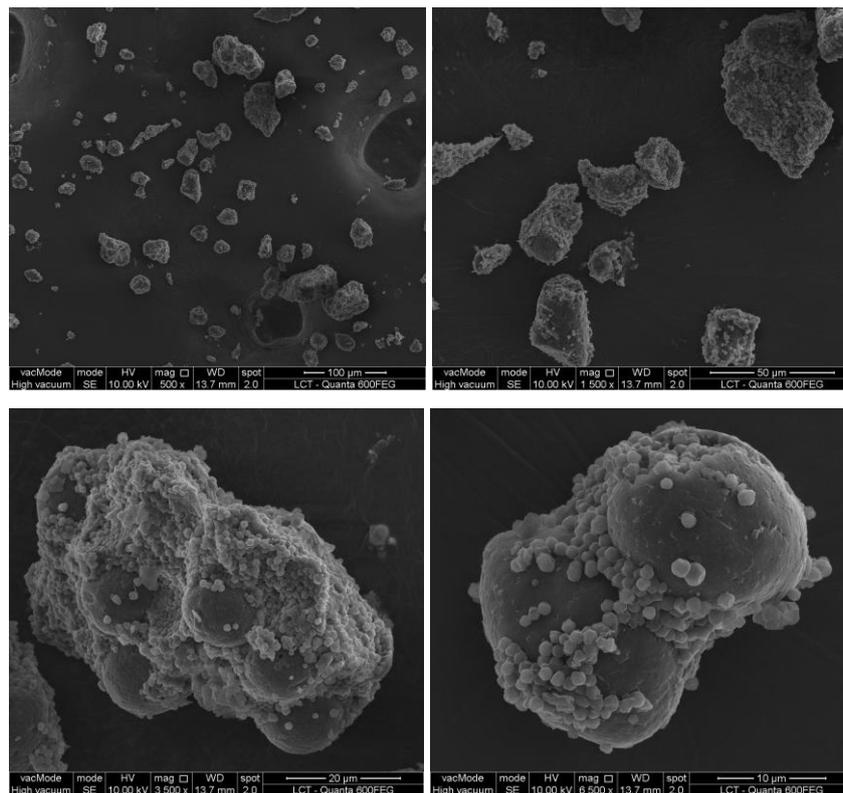


Figura 18 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de quinoa. As imagens se encontram em diferentes ampliações.

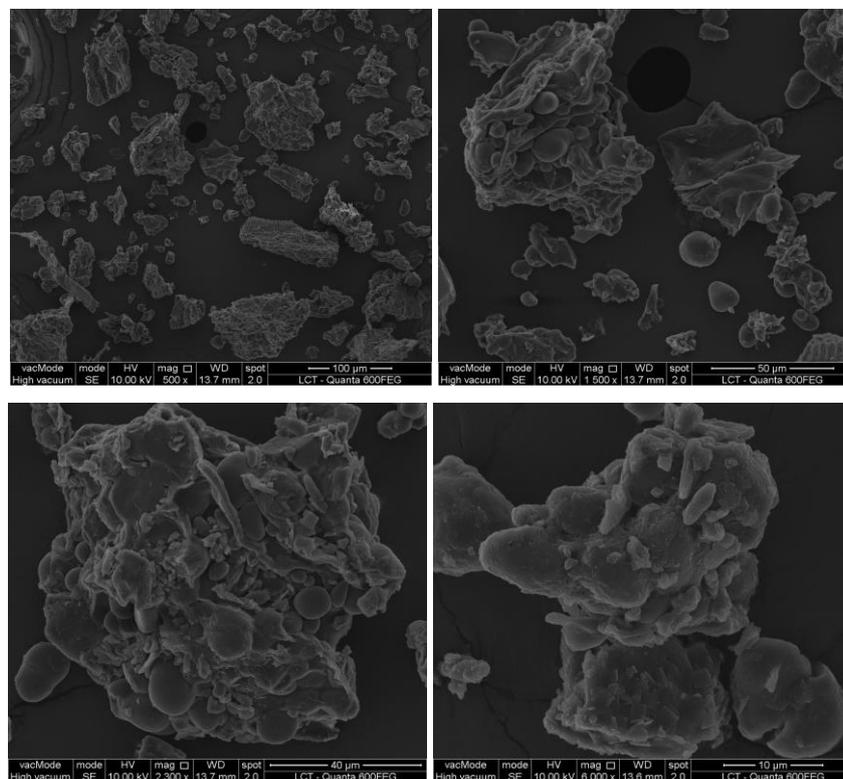


Figura 19 - Microscopia eletrônica de varredura da farinha de maça. As imagens se encontram em diferentes ampliações.

3.4.6 FALLING NUMBER (FN)

A Figura 20 apresenta os resultados da análise de *falling number* (FN) ou número de queda, para o controle (farinha de trigo) e as formulações de misturas de farinha. Nesta análise, valores elevados de FN indicam uma baixa atividade enzimática e vice-versa.

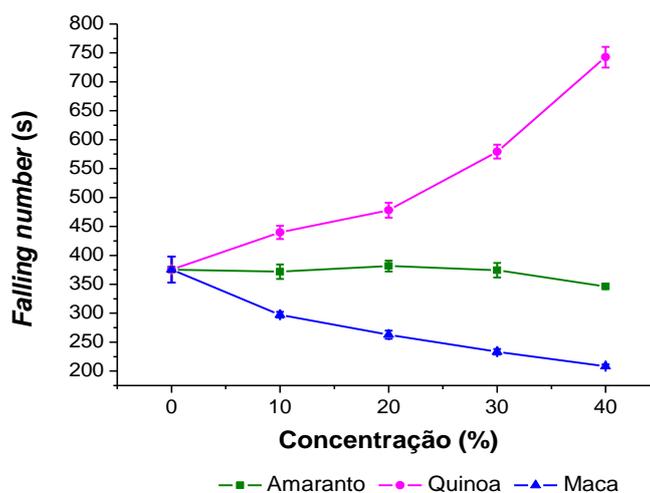


Figura 20 - Determinação do FN em farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca. Os símbolos representam a média ($n = 3$) e as barras representam o desvio padrão.

Na farinha de trigo, o valor do FN foi 375,33s. Este valor se encontra acima do valor considerado ideal (200 – 300s) mostrando evidências de uma baixa atividade amilolítica (HE, HOSENEY, 1991; HRUŠKOVÁ, ŠVEC, JIRSA, 2006; PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995). Nas misturas de farinha de amaranto, quinoa e de maca, o FN foi claramente influenciado pela adição. Para as misturas de farinha de amaranto, os valores de FN variaram entre 371,67s (10 % de adição) e 346,17s (40 % de adição). Em relação às misturas de farinha de quinoa, o aumento na quantidade de adição gerou valores de FN a partir de 439,67s (10 % de adição) a 742,67s (40 % de adição). Este aumento nos valores, que indicam decréscimo na atividade de α -amilase, sugere o efeito de diluição na farinha de trigo. A diminuição significativa da atividade da α -amilase pode afetar negativamente o processo de fabricação, isto devido a que o processo

de fermentação iria ocorrer mais lentamente. Para corrigir este problema, a adição, por exemplo, de α -amilase fúngica é necessária (GONZÁLEZ-TORRALBA et al., 2013).

Por outro lado, em comparação com o controle e as outras farinhas compostas, a adição de farinha de maca aumentou significativamente a atividade enzimática ($p < 0,001$). Os valores de FN variaram entre 297,33s (10 % de adição) e 208,33s (40 % de adição). Estes valores poderiam estar relacionados com a presença de amilases na raiz da maca. Rondán-Sanabria, Pires e Finardi-Filho (2006) extraíram a enzima da raiz da maca e determinaram as condições ótimas para a atividade (33,6 °C e pH 6,1). Comparada com outras culturas como mandioca e mandioquinha, a maca apresentou elevada atividade amilolítica (250,38 U_{AM} - unidades de atividade amilolítica).

Geralmente, farinhas com elevado valor de FN (que indica baixa atividade enzimática) são preferidas devido ao fato de que a suplementação com a enzima pode ser aplicada a fim de aumentar os níveis de açúcares fermentáveis e redutores. A produção de maltose pela β -amilase endógena é facilitada pela suplementação com α -amilase e pode ser usada como açúcar fermentável pelo fermento ou pela população microbiana da levedura. Adicionalmente, os níveis elevados de açúcares redutores promovem a geração dos produtos da reação de *Maillard*, o que intensifica o sabor e a cor da crosta e, conseqüentemente, aumentam a qualidade do produto final (GOESAERT et al., 2005).

3.4.3 COR

Os efeitos da adição de farinha de amaranto, quinoa ou maca sobre a cor da farinha de trigo são mostrados na Tabela 16 e podem ser observados nas Figuras 21 a 24.

Na farinha de trigo, o valor de L^* (luminosidade), que representa quão claro ou escuro é o produto, foi maior do que aqueles observados nas farinhas e misturas de farinhas de amaranto, quinoa e maca. Na farinha de maca, o valor de L^* (76,02) foi significativamente mais baixo em comparação às outras amostras, revelando uma farinha mais escura. Com o aumento na adição das farinhas nas formulações de farinhas mistas também houve diminuição gradativa dos valores de L^* . Esta redução foi menor nas misturas contendo farinha de quinoa (Figura 23) que apresentou variação de 85,85 (10 %

de adição) até 85,15 (40 % de adição). Nas misturas de farinha de maca, onde foi observada maior tendência ao escurecimento (Figura 24), os valores de L* variaram de 83,66 (10 % adição) até 79,17 (40 % de adição).

Tabela 16 - Determinação da cor em farinha de trigo (controle) e em misturas de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M) em 0 - 40% de adição^a

Amostra ¹	L*	a*	b*	h _{ab} (graus)	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
Controle	86,81 ^a ±0,43	-4,37 ^l ±0,03	22,83 ^j ±0,10	100,90 ^a ±0,09	23,24 ^{ijk} ±0,10	-
A10	85,84 ^b ±0,37	-3,98 ⁱ ±0,05	22,80 ^j ±0,11	99,95 ^c ±0,11	23,14 ^{kl} ±0,11	0,40
A20	85,07 ^d ±0,35	-3,60 ^h ±0,02	22,94 ^{ij} ±0,09	98,96 ^d ±0,06	23,22 ^{jk} ±0,09	1,91
A30	83,77 ^{ef} ±0,42	-3,20 ^g ±0,02	22,97 ^{ij} ±0,09	97,97 ^e ±0,04	23,19 ^{jk} ±0,09	3,27
A40	82,95 ^g ±0,37	-2,83 ^f ±0,05	23,20 ^h ±0,17	97,00 ^f ±0,15	23,37 ^{hij} ±0,08	4,17
A100	76,79 ^k ±0,16	-0,60 ^b ±0,06	24,40 ^f ±0,29	91,46 ^k ±0,14	24,41 ^f ±0,29	10,82
Q10	85,85 ^b ±0,16	-4,34 ^l ±0,05	22,58 ^k ±0,17	100,93 ^a ±0,21	23,00 ^l ±0,16	0,99
Q20	85,65 ^{bc} ±0,03	-4,23 ^k ±0,02	22,97 ^{ij} ±0,10	100,49 ^b ±0,08	23,36 ^{hij} ±0,10	1,17
Q30	85,29 ^{cd} ±0,07	-4,19 ^k ±0,01	23,04 ^{hi} ±0,12	100,35 ^b ±0,07	23,42 ^{hi} ±0,12	1,54
Q40	85,15 ^d ±0,06	-4,18 ^k ±0,03	23,07 ^{hi} ±0,07	100,33 ^b ±0,10	23,45 ^h ±0,06	1,69
Q100	84,05 ^e ±0,03	-4,07 ^j ±0,01	23,55 ^g ±0,04	99,86 ^c ±0,03	23,90 ^g ±0,03	2,87
M10	83,66 ^f ±0,02	-2,84 ^f ±0,02	24,77 ^e ±0,01	96,59 ^g ±0,05	24,93 ^e ±0,01	4,00
M20	81,59 ^h ±0,07	-2,03 ^e ±0,01	25,96 ^d ±0,09	94,51 ^h ±0,04	26,04 ^d ±0,08	6,52
M30	80,14 ⁱ ±0,02	-1,47 ^d ±0,01	26,68 ^c ±0,01	93,21 ⁱ ±0,02	26,72 ^c ±0,01	8,23
M40	79,17 ^j ±0,06	-1,03 ^c ±0,01	27,33 ^b ±0,03	92,21 ^j ±0,03	27,35 ^b ±0,03	9,48
M100	76,02 ^l ±0,07	0,08 ^a ±0,01	29,37 ^a ±0,10	89,88 ^l ±0,01	29,37 ^a ±0,10	13,38

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (controle) pelas farinhas: A10 - A40) 10 – 40 % amaranto; Q10 - Q40) 10 – 40 % quinoa e M10 - M40) 10 – 40 % maca.

^aValores para cada coluna seguidos por letras diferentes apresentam diferenças significativas (p < 0,05) de acordo com o teste de Tukey. Os valores são a média de triplicatas (n = 3) ± desvio padrão.

A farinha de trigo, junto à amostra com 10 % de adição de farinha de quinoa, apresentou o menor valor da coordenada a^* que indica maior intensidade da cor verde ($-a^*$). No entanto, entre todos os tratamentos, com o aumento na porcentagem de substituição da farinha de trigo, houve também aumento da tendência ao tom vermelho ($+a^*$). Esta tendência foi observada principalmente nas misturas com adição de farinha de maca que apresentaram valores de a^* de -2,84 (10 % de adição) até -1,03 (40 % de adição). Todos os valores da coordenada b^* foram positivos, sendo as amostras de misturas de farinha de maca as que apresentaram valores elevados (24,77 – 27,33), indicando maior tendência à cor amarela ($+b^*$). Nas misturas de farinha de amaranto, com exceção da mistura contendo 40 % de adição, os valores foram próximos aos da amostra controle (22,83) (Figura 22).

Os valores de h_{ab} caíram dentro da faixa $100,93^\circ - 92,21^\circ$ para as misturas de farinhas. De acordo com o sistema CIELAB, se o ângulo estiver entre 90° e 180° , quanto maior este for, mais verde é a amostra, e quanto menor for, mais amarela é. Os valores de C^*_{ab} também variaram entre 27,35 – 23,00. Como cor é dependente de a^* e b^* , observou-se que os valores eram similares aos que correspondem a b^* , coordenada que toma valores positivos para cores amareladas e negativos para cores azuladas. Com o aumento na porcentagem de adição, as misturas com adição de farinha de maca apresentaram os valores mais elevados, indicando maior tendência ao amarelo.

As diferenças globais na cor (ΔE^*_{ab}) entre todas as amostras de misturas de farinhas sugere diferença de cor mínima entre as amostras contendo farinha de quinoa (0,99 – 1,69). Por outro lado, as amostras contendo farinha de maca mostraram uma maior diferença total de cor em relação ao controle (4,00 – 9,48).



Figura 21 - Imagens das farinhas de: A) trigo; B) amaranto; C) quinoa e D) maca.

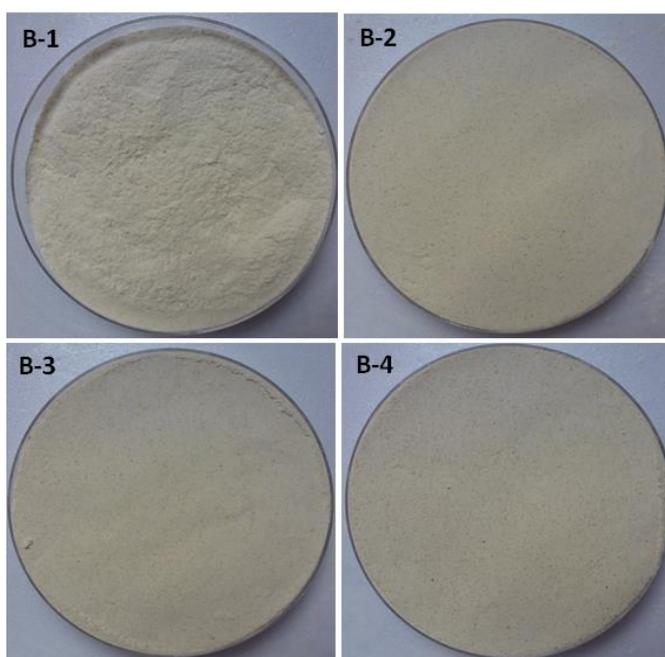


Figura 22 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de amaranto. B-1) 10%; B-2) 20%; B-3) 30% e B-4) 40% de adição.



Figura 23 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de quinoa. C-1) 10%; C-2) 20%; C-3) 30% e C-4) 40% de adição.

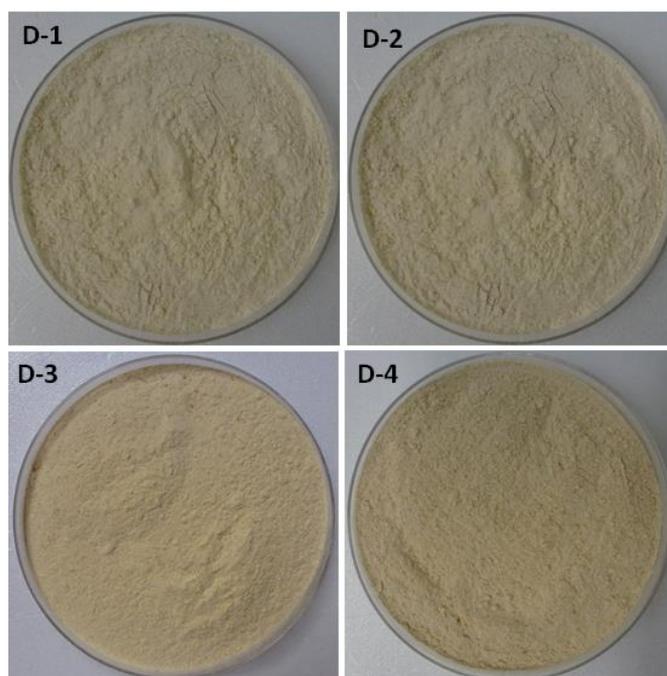


Figura 24 - Imagens das misturas elaboradas com adição de farinha de maca. D-1) 10%; D-2) 20%; D-3) 30% e D-4) 40% de adição.

De acordo com a ANVISA, a farinha de trigo deve apresentar cor branca, com tons leves de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem (ANVISA, 1996). Os pigmentos naturais amarelados presentes na farinha de trigo afetam a cor do miolo do pão. Esses pigmentos, também denominados carotenoides, incluem β -caroteno, xantofila, e flavonas (GELINAS et al., 1998). Durante o armazenamento da farinha, o processo conhecido como maturação ou envelhecimento gradualmente clareia a farinha ao longo do tempo e torna a massa com melhores qualidades reológicas e de panificação. Esta melhoria e o efeito de clareamento são consequência direta de reações oxidativas que ocorrem principalmente entre lipídios insaturados presentes na farinha e o oxigênio (SAIZ, MANRIQUE, FRITZ, 2001).

Por outro lado, quando outros ingredientes são adicionados à formulação, com o objetivo de conferir ou aumentar a qualidade funcional (farelo, fibras e outras farinhas), a cor do produto pode mudar devido à cor natural apresentada por estes produtos e, conseqüentemente, poderia influenciar na aceitação dos consumidores. Isto é porque a cor é um parâmetro importante e influencia na percepção de outras características sensoriais (VERNAZA, GULARTE, CHANG, 2011; CLYDESDALE, 1997).

3.4.4 TAMANHO DE PARTÍCULA

A análise do tamanho de partícula realizada nas farinhas de trigo e nas misturas de amaranto, quinoa e maca é mostrada na Figura 25.

A distribuição do tamanho de partícula, no caso da farinha de trigo, mostrou 77,03 % das partículas apresentando tamanhos menores do que 150 μm , com 45,30 % das partículas de farinha de trigo apresentando tamanhos $\geq 106 \mu\text{m}$. Apenas 5,65 % apresentaram tamanhos $\geq 177 \mu\text{m}$. Nas misturas de farinha de amaranto (Figura 25A), houve aumento significativo no tamanho médio da partícula quando comparados com o controle ($p < 0,05$). A adição de 10 % a 40 % conduziu ao aumento da percentagem de partículas $\geq 150 \mu\text{m}$ (de 27,5 % para 36,8 % de retenção, respectivamente) e diminuição de partículas $\geq 106 \mu\text{m}$ (de 41,5 % para 29,5 %, respectivamente). Também foi observado aumento de partículas com tamanhos médios $\geq 177 \mu\text{m}$ (de 19,58 % para 33,39 %, respectivamente). Nas misturas de farinha de quinoa (Figura 25B), tanto como na amostra

controle, uma elevada porcentagem de partículas apresentou tamanhos $\geq 106 \mu\text{m}$, mostrando variação relativa de 42,17 % (10 % de adição) para 39,13 % (40 % de adição). Em contraste, nas farinhas compostas de maca (Figura 25C), a distribuição do tamanho das partículas mostrou elevada porcentagem de partículas com tamanhos $< 88 \mu\text{m}$ (22,26 % com 40 % de adição). Estas alterações observadas no tamanho das partículas para todas as amostras, portanto, podem indicar diferentes efeitos sobre as propriedades.

Em alimentos, o tamanho da partícula desempenha papel importante nas propriedades sensoriais e características funcionais (absorção de água e de óleo, batimento ou capacidade de formação de espuma, tempo de gelificação e capacidade de gelificação, entre outros) do produto (WALDE et al., 2005). Em produtos de panificação, o tamanho de partícula também pode influenciar no volume e na qualidade do produto (HERA et al., 2012). Um elevado teor de partículas extremamente finas presentes nas misturas não indicariam melhor qualidade da farinha em comparação com aquelas com maiores proporções de partículas grossas que tendem inclusive a possuir melhores propriedades de panificação do que as farinhas com frações predominantemente mais finas (PYLER, GORTON, 2008).

De acordo com a legislação brasileira, 95 % da farinha deve passar pela peneira com abertura de malha de $250 \mu\text{m}$ (BRASIL, 2005). Nas farinhas puras a análise granulométrica mostrou que 96,69 % e 98,36 % das farinhas de trigo e maca, respectivamente apresentaram tamanhos de partícula inferior a $250 \mu\text{m}$. Em relação às misturas de farinhas, com a adição de 10 – 40 % de farinha de amaranto, as amostras apresentaram valores abaixo do estipulado pela legislação (90,27 % – 83,48 %). Em misturas com adição de farinha de quinoa, houve diminuição na porcentagem de partículas a partir de 20 % de adição (93,93 %). Nas misturas com adição de farinha de maca, a porcentagem de partículas menores do que $250 \mu\text{m}$ diminuiu a partir de 30 % de adição (93,70 %).

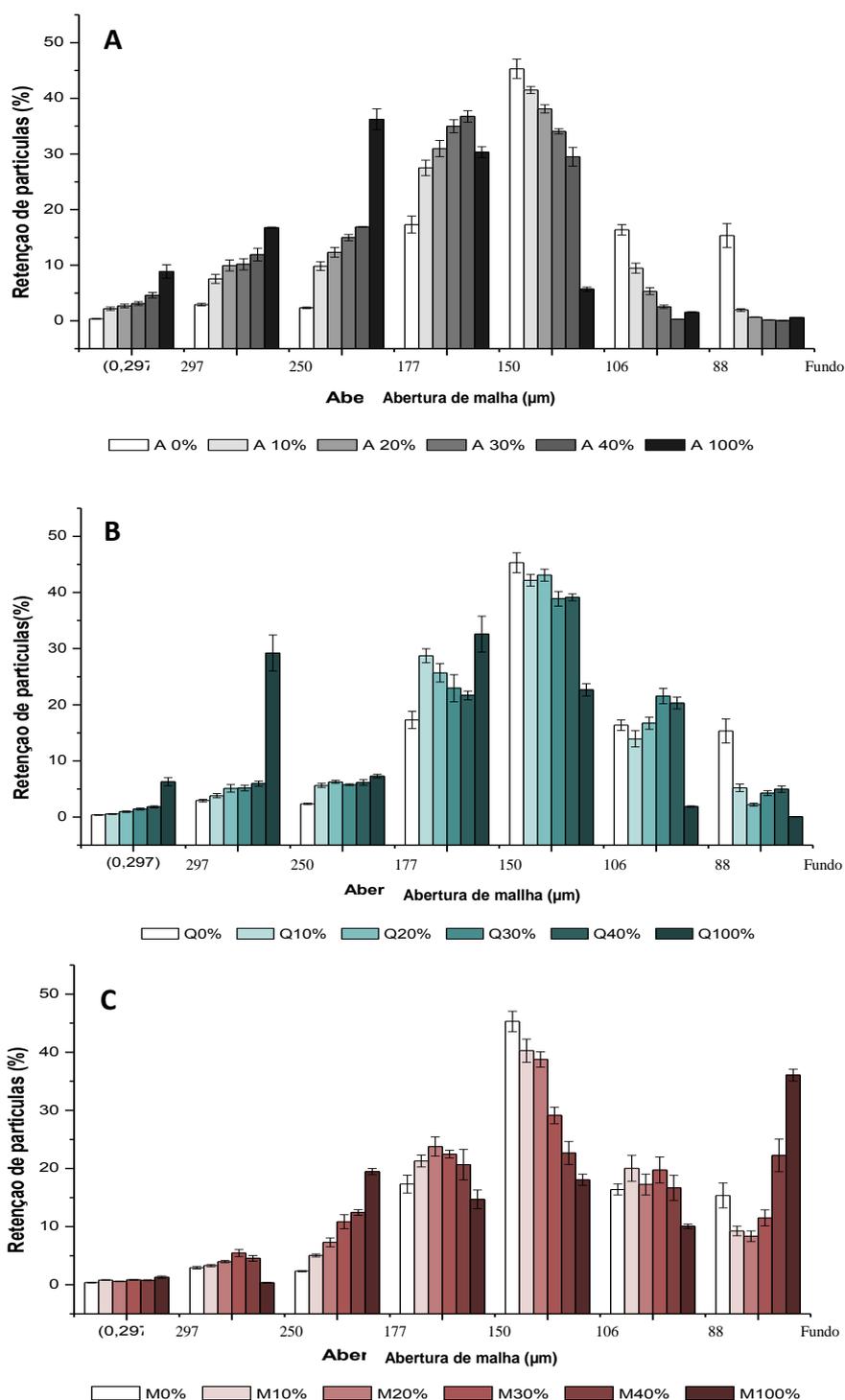


Figura 25 - Distribuição do tamanho de partícula das farinhas puras e farinhas mistas de trigo, **A)** amaranto (A0 = 0%; A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30%; A40 = 40% e A100 = 100% de adição de farinha de amaranto), **B)** quinoa (Q0 = 0%; Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30%; Q40 = 40%; Q100 = 100% de adição de farinha de quinoa) e **C)** maca (M0 = 0%; M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30%; M40 = 40% e M100 = 100% de adição de farinha de maca). As barras representam o desvio padrão.

3.4.7 ANÁLISE REOLÓGICA DAS FARINHAS

3.4.7.1 FARINOGRAFIA

Os dados obtidos a partir dos parâmetros de farinografia para o controle e para as formulações de farinhas mistas são apresentados na Figura 26.

A farinha de trigo (controle) apresentou elevados valores de absorção de água (AA) (> 58 %), tempo de desenvolvimento da massa (TDM) (> 10,0 min) e estabilidade (Est.) (> 15 min) e baixo índice de tolerância à mistura (ITM) (< 50 UF), sendo classificada como de qualidade forte (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1996).

Nas misturas de farinhas de quinoa e maca, a AA aumentou proporcionalmente com a adição das farinhas. A absorção foi superior nas formulações de farinha de maca, variando de 58,90 % (controle) a 68,55 % (40 % de adição). Em comparação com o controle e as outras amostras, as misturas de farinha de amaranto apresentaram baixos valores de AA, no entanto, também foi observada uma tendência a aumentar este valor conforme houve aumento na percentagem de adição da farinha. Com 40 % de adição, as misturas de amaranto e quinoa apresentaram valores semelhantes entre si (60,00 % e 60,57 %, respectivamente). Estatisticamente, estes valores foram superiores ($p < 0,05$) àquele mostrado pelo controle.

Esta tendência no aumento da AA junto com o aumento da concentração das misturas de farinha também foi relatada por Enriquez et al. (2003) e Chauhan, Zillman e Eskin (1992) em misturas de farinha de trigo e quinoa, por Lorenz (1981) em misturas de farinha de trigo e amaranto e por Tosi et al. (2002) em misturas de farinha de trigo e farinhas integrais e desengorduradas de amaranto. A AA é definida como a quantidade de água absorvida pela farinha para a produção de uma massa de consistência trabalhável (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1996).

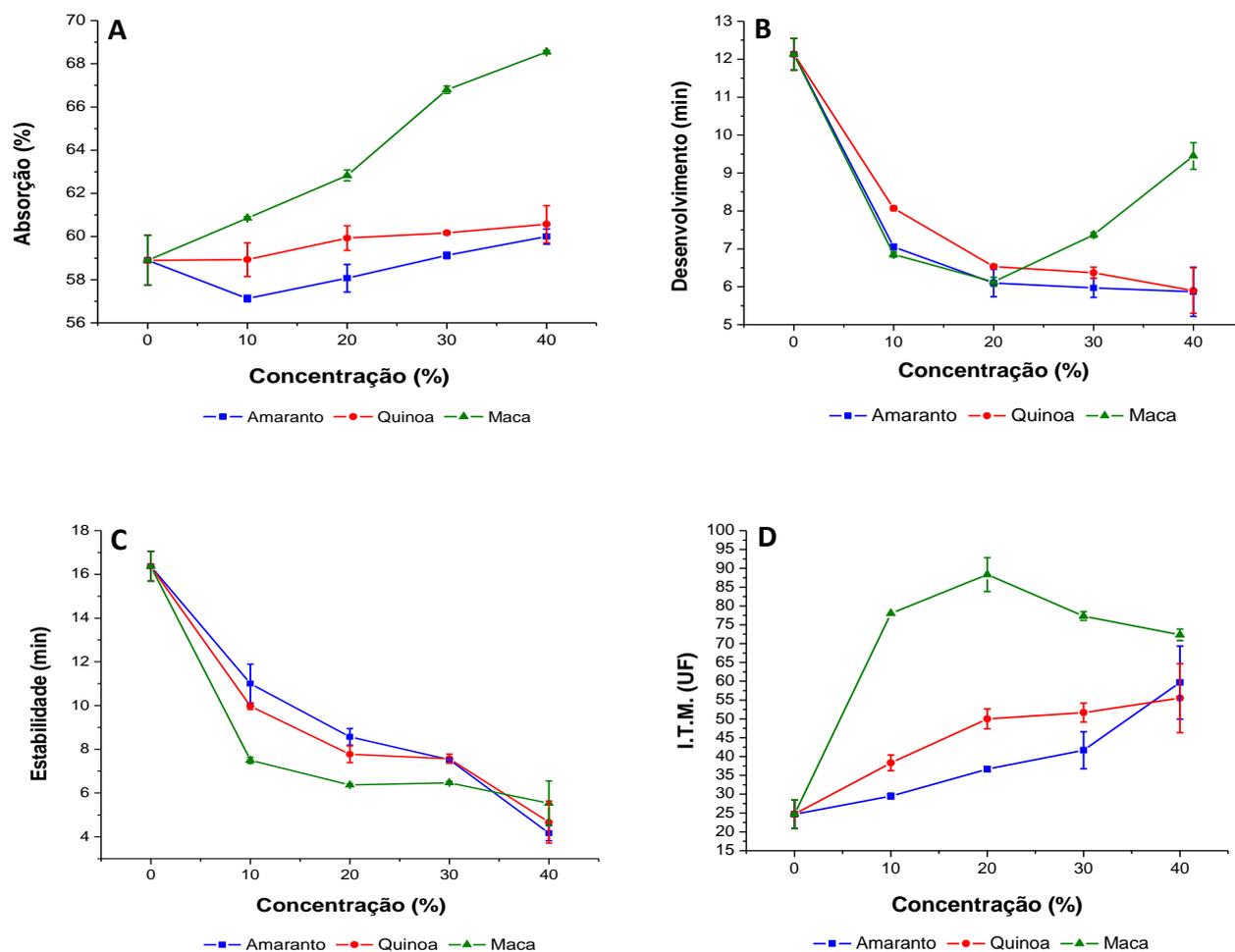


Figura 26 - Análise farinográfica das formulações de farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca. A) Absorção (AA); B) Desenvolvimento (TDM); C) Estabilidade (Est.); D) ITM (Índice de tolerância à mistura). Os símbolos representam a média ($n = 3$) e as barras o desvio padrão.

A água apresenta grande importância na formação da massa devido a que hidrata as proteínas da farinha de trigo tornando possível a formação da rede de glúten. Essas proteínas, após serem transformadas em glúten, servem como agente de ligação para prender os grânulos de amido dentro da matriz do glúten, resultando na criação de uma massa coesa. Ao mesmo tempo, a água também dissolve sais, umedece e intumescce o amido e fornece o meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática e à fermentação (BENNION, 1970).

Diversos fatores podem influenciar a AA. De acordo com Rasper e Walker (2000), farinhas com maior quantidade e qualidade de proteínas são caracterizadas por apresentarem maior absorção. Por outro lado, Chauhan, Zillman e Eskin (1992) atribuíram o aumento da AA em misturas de farinha de quinoa à elevada presença de amido danificado. A presença de carboidratos não amiláceos também pode influenciar a AA. O aumento na AA provavelmente pode ser resultado da presença de um grande número de grupos hidroxilas existentes na estrutura da fibra, o que permitiria maior interação da água através de ligações de hidrogênio (WANG, ROSELL, BARBER, 2002). O conteúdo de fibra das farinhas é relativamente maior ao encontrado na farinha de trigo (4 %, de acordo com dados disponibilizados pelo fornecedor). No amaranto, a fração de fibra dietética varia entre 11,14 e 20,6 %, na quinoa entre 12,88 e 14,20 % e na maca entre 8,50 e 9,08 % (DINI et al., 1994; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; VALENTOVÁ et al., 2006). Por outro lado, nas misturas de farinha de maca, o aumento da AA também parece estar relacionado, em parte, ao elevado teor de partículas menores. De acordo com El-Dash et al. (1995), farinhas com tamanhos de partículas menores absorvem mais água e, proporcionalmente, mais rapidamente do que as partículas maiores devido ao aumento da superfície de contato das partículas.

Para todas as amostras, o TDM diminuiu rapidamente com a adição das farinhas. A diminuição foi significativa ($p < 0,05$), inclusive nas formulações contendo 10 % de adição de farinha de amaranto, quinoa ou maca (7,05; 8,07 e 6,85 min, respectivamente). Para as misturas de farinha de amaranto e quinoa, o TDM apresentou tendência à diminuição desde 0 a 40 % de adição. Nas misturas de farinha de maca, a adição de até 20 % diminuiu o TDM a 6,13 min e, posteriormente, aumento a 9,45 min com 40 % de adição foi observado.

Durante o desenvolvimento, a máxima consistência da massa é atingida. Neste ponto, a massa é capaz de resistir à deformação durante algum tempo, o qual determina a sua estabilidade. Tanto a estabilidade como o TDM são indicadores da força da farinha, onde valores mais elevados sugerem massas mais fortes (WANG, ROSELL, BARBER, 2002); enquanto que o ITM, um indicador de quão bem a massa vai se comportar durante os estágios finais da mistura, é inversamente proporcional ao aumento da força.

Esta relação pode ser claramente observada nas formulações em que uma diminuição significativa ($p < 0,05$) no TDM e na Est., junto com um aumento do ITM, foram observadas em todas as misturas, indicando enfraquecimento da massa e diminuição das propriedades visco-elásticas devido à substituição da farinha de trigo (SINDHUJA, SUDHA, RAHIM, 2005).

Com 10 % de adição, a menor Est. junto com elevado valor de ITM foram observados com a adição de farinha de maca (7,50 min e 78,0 UF). Com 40 % de adição, a estabilidade alcançou tempos de 4,17, 4,67 e 5,53 min e valores ITM de 59,67, 55,50 e 72,33 UF para as misturas com farinha de amaranto, quinoa e maca, respectivamente.

Uma diminuição na Est., junto ao aumento no ITM também foram observados por Sindhuja, Sudha e Rahim (2005) em misturas substituindo-se a farinha de trigo por farinha de amaranto em níveis de 0 a 35 %; e Sanchez-Marroquin et al. (1985), utilizando farinha de amaranto a partir de sementes cruas e torradas, e em diferentes concentrações. Chauhan, Zillman e Eskin (1992) aplicaram 5, 10, 15 e 20 % de farinha de quinoa e observaram o mesmo efeito sobre o TDM. Além disso, uma redução gradual na estabilidade das massas também foi observada por Lorenz (1981) e Tosi e colaboradores (2002) em misturas de farinhas de amaranto, e por Enriquez et al. (2003) em misturas de farinha de quinoa.

3.4.7.2 EXTENSOGRAFIA

A análise de extensografia fornece informação acerca do comportamento viscoelástico da massa (ROSELL, ROJAS, BARBER, 2001). Os efeitos da adição das farinhas de amaranto, quinoa e maca sobre as medições do extensógrafo ao longo de 135 min de tempo de repouso são mostrados na Tabela 17.

De acordo com os parâmetros analisados, a massa de farinha de trigo (controle) apresentou elevados valores de resistência à extensão (R) (505,67 UB), resistência máxima à extensão (R_m) (586,00 UB), extensibilidade (E) (140,00 mm) e número proporcional D (R/E) (3,67) e foi, portanto, classificada como sendo de qualidade forte (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

Tabela 17 - Resultados da análise de extensografia das misturas de farinha de trigo (controle) e farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M) em 0 a 40 % de adição^a

Amostras ¹	45 min				90 min				135 min			
	E (mm)	R (UB)	Rmax (UB)	D (R/E)	E (mm)	R (UB)	Rmax (UB)	D (R/E)	E (mm)	R (UB)	Rmax (UB)	D (R/E)
Controle	148,67 ^a ± 4,93	333,33 ^{cd} ± 39,93	419,67 ^{de} ± 35,22	2,23 ^c ± 0,32	141,00 ^a ± 9,17	416,00 ^c ± 32,74	517,67 ^{cd} ± 21,01	2,97 ^d ± 0,45	140,00 ^a ± 19,67	505,67 ^{bc} ± 49,24	586,00 ^{ab} ± 59,27	3,67 ^b ± 0,78
A10	124,00 ^{bc} ± 5,00	376,67 ^c ± 33,01	428,33 ^{cde} ± 38,37	3,00 ^c ± 0,20	119,67 ^{bc} ± 4,51	437,67 ^{bc} ± 8,74	488,33 ^{de} ± 3,79	3,70 ^{cd} ± 0,20	113,67 ^b ± 4,16	433,00 ^{cde} ± 44,98	472,33 ^{cd} ± 33,61	3,83 ^b ± 0,59
A20	109,00 ^d ± 6,08	322,67 ^{cd} ± 37,17	340,33 ^{ef} ± 34,56	3,00 ^c ± 0,53	105,33 ^{bcd} ± 3,79	384,33 ^{cd} ± 25,48	395,33 ^{fg} ± 22,85	3,63 ^{cd} ± 0,31	103,67 ^{bc} ± 2,89	350,00 ^{def} ± 23,90	361,00 ^{ef} ± 19,47	3,40 ^b ± 0,30
A30	98,33 ^{def} ± 1,53	273,33 ^{de} ± 8,50	274,00 ^{fg} ± 8,72	2,80 ^c ± 0,10	92,33 ^{def} ± 3,79	307,33 ^{de} ± 5,77	308,00 ^h ± 6,08	3,33 ^{cd} ± 0,23	87,00 ^{cde} ± 6,56	307,33 ^{ef} ± 23,18	308,33 ^f ± 22,81	3,53 ^b ± 0,49
A40	91,50 ^{fg} ± 3,54	197,00 ^{ef} ± 7,07	202,50 ^g ± 6,36	2,20 ^c ± 0,0	79,50 ^{fgh} ± 3,54	219,50 ^e ± 4,95	237,50 ⁱ ± 2,12	2,75 ^d ± 0,07	78,00 ^{def} ± 1,41	244,50 ^f ± 3,54	262,00 ^f ± 7,07	3,15 ^b ± 0,07
Q10	127,00 ^b ± 2,00	405,00 ^c ± 10,44	457,67 ^{cd} ± 17,04	3,17 ^c ± 0,06	120,00 ^b ± 6,08	507,00 ^b ± 57,71	549,67 ^c ± 47,96	4,27 ^{cd} ± 0,72	106,00 ^{bc} ± 3,61	531,67 ^{abc} ± 20,55	565,67 ^{abc} ± 23,03	5,03 ^b ± 0,25
Q20	112,00 ^{cd} ± 0,00	339,00 ^{cd} ± 15,56	354,00 ^{def} ± 12,73	3,00 ^c ± 0,14	104,33 ^{cd} ± 5,51	440,33 ^{bc} ± 9,87	451,00 ^{ef} ± 8,72	4,23 ^{cd} ± 0,32	103,00 ^{bc} ± 5,57	427,67 ^{cde} ± 52,62	436,67 ^{de} ± 50,00	4,17 ^b ± 0,68
Q30	96,67 ^{ef} ± 8,74	327,33 ^{cd} ± 34,00	327,67 ^{ef} ± 34,24	3,40 ^c ± 0,72	81,67 ^{efg} ± 8,39	389,33 ^{cd} ± 22,03	395,00 ^{fg} ± 27,40	4,80 ^c ± 0,66	81,50 ^{cdef} ± 3,54	343,00 ^{def} ± 41,00	345,50 ^{ef} ± 41,72	4,20 ^b ± 0,71
Q40	81,33 ^g ± 3,21	277,00 ^{de} ± 4,58	297,67 ^{fg} ± 7,51	3,40 ^c ± 0,10	70,67 ^{gh} ± 2,08	291,00 ^e ± 9,85	323,67 ^h ± 8,33	4,13 ^{cd} ± 0,06	71,33 ^{efg} ± 2,89	262,00 ^f ± 9,17	299,33 ^f ± 9,02	3,67 ^b ± 0,06
M10	106,33 ^{de} ± 0,58	500,67 ^b ± 42,06	528,67 ^{bc} ± 32,13	4,70 ^b ± 0,40	97,00 ^{de} ± 6,08	628,67 ^a ± 42,90	652,00 ^b ± 43,71	6,50 ^b ± 0,78	93,33 ^{bcd} ± 8,33	646,00 ^a ± 40,84	652,00 ^a ± 37,64	7,00 ^a ± 0,82
M20	81,33 ^g ± 1,15	643,00 ^a ± 35,68	649,67 ^a ± 39,31	7,93 ^a ± 0,58	74,00 ^{gh} ± 2,65	688,67 ^a ± 30,29	713,33 ^a ± 28,22	9,30 ^a ± 0,66	75,00 ^{def} ± 3,00	617,00 ^{ab} ± 16,46	636,67 ^{ab} ± 10,69	8,33 ^a ± 0,35
M30	58,33 ^h ± 3,51	339,50 ^{cd} ± 43,13	607,33 ^{ab} ± 69,17	6,00 ^b ± 0,57	62,33 ^{hi} ± 2,08	520,00 ^b ± 27,18	637,00 ^b ± 69,94	8,40 ^a ± 0,72	62,33 ^{fg} ± 7,09	466,67 ^{cd} ± 90,73	592,33 ^{ab} ± 38,42	7,43 ^a ± 1,00
M40	48,00 ^h ± 1,00	nd	676,67 ^a ± 34,03	nd	51,33 ⁱ ± 3,21	nd	622,33 ^b ± 44,52	nd	51,00 ^g ± 1,73	nd	538,33 ^{bcd} ± 50,65	nd

E: Extensibilidade; R: Resistência; Rm: Resistência máxima; D(R/E): Número proporcional. nd: no determinado.

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (controle) pelas farinhas: A10 - A40) 10 – 40% amaranto; Q10 - Q40) 10 – 40% quinoa e M10 - M40) 10 – 40% maca.

^aValores para cada coluna seguidos por letras diferentes apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey. Os valores são a média de triplicatas ($n = 3$) ± desvio padrão.

A resistência inicial, aos 45 min de tempo de repouso, aumentou com a adição de 10 % das farinhas de amaranto, quinoa e maca e 20 % de farinha de maca. Em relação ao comportamento durante o tempo de repouso, o valor de R para a amostra controle e as misturas com 10 % de adição de farinha de quinoa e maca, aumentou com o tempo de descanso. Em comparação, as amostras contendo 20 % de farinha de amaranto e 20 %, 30 % e 40 % de farinha de quinoa e maca exibiram baixa estabilidade a alterações durante o tempo de repouso, mostrando a maior resistência após 90 min de tempo de descanso e diminuição no final do período de repouso. As misturas contendo 10 % e 30 % de adição de farinha de amaranto mostraram boa estabilidade durante o tempo de repouso, apresentando aumento após 90 min e mantendo a resistência quase constante no final do tempo de descanso.

O valor de R prediz as propriedades de manuseio da massa e a sua tolerância à fermentação. Extensogramas que apresentam aumento significativo da resistência indicam que a farinha responde a sovas e fermentação, obtendo-se o fortalecimento da massa, a qual apresenta boa tolerância a longos tempos de fermentação e demais etapas do processo de panificação como moldagem, colocação em formas, crescimento final, cortes, entre outros. Já, uma diminuição da R durante o tempo de repouso indica baixa tolerância da massa para as etapas do processo de panificação, sendo inadequada para a produção de pão (PIZZINATO MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

A extensibilidade da massa também foi influenciada significativamente pela adição das farinhas. Com o aumento na percentagem de adição das farinhas, a E das massas diminuiu gradativamente e de forma significativa ($p < 0,05$). Em relação ao tempo inicial, aos 45 min. de tempo de repouso, os maiores valores de E foram apresentados pelas misturas contendo 10 % de adição de farinha de amaranto, quinoa e maca e 20 % de adição de farinha de amaranto e quinoa. A extensão do tempo de repouso também mostrou uma diminuição gradativa nos valores de E tanto para a amostra controle como para as misturas de farinhas.

A combinação de uma boa resistência e extensibilidade resulta em propriedades da massa desejáveis (ROSELL, ROJAS, BARBER, 2001). Nesse sentido, os resultados sugerem um bom comportamento ao manuseio e tolerância da massa na fase de fermentação para as farinhas contendo 10 % de adição de amaranto, quinoa e maca.

Os valores de R e Rm foram mais elevados em amostras suplementadas com farinha de maca. A adição de 10 % de farinha de maca resultou no incremento de valores da R e Rm a 500,67 BU e 528,67 BU, respectivamente. Com a adição de 40 %, R não foi determinado devido à quebra imediata da massa (antes de atingir a distância de 50 mm), o que indica que as massas contendo farinha de maca tendem a se tornar mais rígidas e curtas (menos extensíveis). Por outro lado, o aumento na porcentagem de adição de farinhas de amaranto e quinoa levou a diminuição gradativa destes valores, indicando baixa resistência à extensão. Em conclusão, os resultados mostraram que com a adição de farinhas de amaranto ou quinoa, as massas tendem a ser mais curtas e plásticas (baixa resistência à extensão e extensibilidade). Já com a adição de farinha de maca, as massas tenderam a ser mais rígidas e curtas (alta resistência à extensão) (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

Em relação ao número proporcional D (R/E), o efeito da adição resultou no aumento dos valores para as massas contendo principalmente farinha de maca, quando comparados com a amostra controle. Com a extensão do tempo de prova, a análise mostrou um aumento dos valores para todas as amostras. Para as massas de farinha de maca, o valor D apresentou valores mais elevados, o que indica uma maior tendência da massa a encolher. No sentido oposto, massas de farinha de amaranto, mostraram tendência a fluir (PIZZINATTO, MAGNO, CAMPAGNOLLI, 1995).

3.4.8 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Os resultados das correlações estatisticamente significativas entre as propriedades físico-químicas e reológicas das massas são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Coeficientes de correlação significativa ($p < 0,05$), determinados por relação entre os parâmetros físico-químicos e reológicos em misturas de farinha de trigo e farinhas de amaranto, quinoa ou maca em adições de 0 a 40%

	Um.	Prot.	Lip.	Cinzas	Chos.	L*	a*	b*	h _{ab}	C* _{ab}	ΔE* _{ab}	297μm	250μm	177μm	150μm	106μm	88 μm	Fundo	AA	TDM	Est.	ITM	R	Rm	
Cinzas	ns	0,738	ns																						
Chos.	ns	-0,916	ns	-0,921																					
L*	ns	-0,888	ns	-0,834	0,872																				
a*	ns	0,881	ns	0,729	-0,798	-0,976																			
b*	ns	0,793	ns	0,611	-0,671	-0,886	0,900																		
h _{ab} (graus)	ns	-0,870	ns	-0,723	0,786	0,974	-0,999	-0,917																	
C* _{ab}	ns	0,776	ns	0,589	-0,650	-0,864	0,875	0,999	-0,894																
ΔE* _{ab}	ns	0,882	ns	0,809	-0,847	-0,994	0,977	0,918	-0,978	0,899															
250μm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,965													
177μm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,873	0,932												
150μm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,830	0,868	0,870											
106μm	ns	-0,754	ns	-0,846	0,876	0,786	-0,723	ns	0,697	ns	-0,735	-0,589	-0,615	-0,799											
88 μm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,834	-0,873	-0,826	-0,900										
Fundo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,749	-0,774	-0,651	-0,831	ns	0,658								
FN	ns	ns	0,658	ns	ns	ns	-0,707	-0,583	0,698	ns	-0,582	ns	ns	ns	ns	ns	ns								
AA	ns	0,796	ns	0,732	-0,770	-0,845	0,782	0,902	-0,795	0,907	0,873	ns	ns	ns	ns	ns	ns								
TDM	0,615	ns	ns	-0,606	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,730							
Est.	0,667	ns	ns	-0,845	0,616	0,604	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,666	ns	ns	ns	0,881					
ITM	ns	ns	ns	0,699	-0,608	-0,829	0,790	0,854	-0,813	0,847	0,853	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,797	ns	-0,669			
R	ns	ns	-0,831	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,773	-0,760	ns	ns	ns	ns	0,640	ns	ns	ns				
E	ns	-0,583	ns	-0,929	0,810	0,774	-0,639	-0,578	0,641	ns	-0,747	ns	ns	ns	ns	0,745	ns	ns	-0,692	0,725	0,910	-0,761			
Rm	ns	ns	-0,828	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,598	ns	-0,805	-0,776	ns	-0,599	ns	ns	0,764	ns	ns	ns	0,337	0,967		
D(R/E)	ns	ns	ns	ns	ns	-0,689	0,713	0,900	-0,740	0,909	0,741	-0,591	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,746	ns	ns	ns	0,812	0,770	0,783

Um.: Umidade; Prot.: Proteínas; Lip.: Lipídios; Chos.: Carboidratos; FN: *Falling number*; AA: Absorção de água; TDM: Tempo de desenvolvimento da massa; Est.: Estabilidade; ITM: Índice de tolerância à mistura; R: Resistência; E: Extensibilidade; Rm: Resistência máxima; D(R/E): Número proporcional. ns: não significativo.

A análise mostrou correlação negativa elevada entre os teores de carboidratos e proteínas ($r = -0,92$; $p = 0,000$) e cinzas ($r = -0,92$; $p = 0,000$), onde a diminuição no teor de carboidratos resultou no aumento dos teores de proteínas e cinzas para todas as amostras. O aumento nas porcentagens de proteínas e cinzas também apresentou elevada correlação com a cor das amostras. A correlação negativa com o valor de L^* e positiva com os valores de a^* e b^* indicam a perda da luminosidade com tendência ao vermelho e amarelo. A correlação positiva do ΔE^*_{ab} com a^* ($r = 0,98$; $p = 0,000$) e b^* ($r = 0,92$; $p = 0,000$) e negativa com L^* ($r = -0,99$; $p = 0,000$), corrobora o aumento nas diferenças da cor das amostras.

O aumento na percentagem de AA apresentou correlação positiva com o aumento no conteúdo de proteínas ($r = 0,80$; $p = 0,002$) e cinzas ($r = 0,73$; $p = 0,007$). A relação com o ITM e a cor indica que as misturas de farinhas com maior absorção de água também apresentaram menor tolerância à mistura ($r = 0,80$; $p = 0,002$) e diferenças na cor (ΔE^*_{ab} : $r = 0,85$; $p = 0,000$). Vale ressaltar que quanto maior for o valor do ITM, menor será a tolerância à mistura.

Houve também diminuição do TDM com a diminuição da estabilidade ($r = 0,88$; $p = 0,000$) e do conteúdo de partículas pequenas ($r = 0,73$; $p = 0,007$). Por outro lado com a redução da estabilidade, a extensibilidade da massa também foi afetada ($r = 0,91$; $p = 0,000$). A relação com o conteúdo de cinzas indica a influência negativa sobre ambas as propriedades reológicas ($r = -0,85$; $p = 0,001$ e $r = 0,93$, $p = 0,000$, respectivamente).

3.5 CONCLUSÕES

- A análise físico-química das farinhas mostrou teores de proteína e cinzas significativamente elevados na farinha de maca. Por outro lado, em função aos teores e índice de gluten e às análises reológicas, a farinha de trigo foi caracterizada como de qualidade forte;
- Nas farinhas foi observada a presença de grânulos de amido intatos e com formatos e tamanhos variados, onde os grânulos de amido de trigo se apresentaram em distribuição bimodal e com maior tamanho em relação aos outros amidos;
- A fim de torná-las adequadas para uso em panificação, tanto a amostra controle como as misturas com farinhas de amaranto ou quinoa apresentaram necessidade de uso de suplementação enzimática. No entanto, as misturas contendo farinha de maca mostraram valores de FN que indicam atividade enzimática;
- Um escurecimento gradual foi observado em todas as misturas de farinhas. Esta tendência foi observada principalmente nas misturas contendo farinha de maca que, além de apresentarem baixos valores de L^* , também mostraram aumentos de a^* e b^* ;
- Houve distribuição heterogênea do tamanho de partículas das misturas de farinhas, onde a adição de farinha de amaranto levou ao incremento de partículas de maior tamanho e a adição de farinha de maca aumentou a percentagem de partículas menores;
- O aumento nas porcentagens de adição das farinhas interferiu significativamente nas propriedades farinográficas da massa, com tendência a enfraquecê-la. Isto pode ser determinado pela diminuição gradativa dos valores de estabilidade, tempo de desenvolvimento e aumento no índice de tolerância à mistura;

- As características extensográficas foram modificadas pela adição das farinhas, sendo observada variação no comportamento das misturas. No entanto, os valores de resistência mostraram tendência de aumento ao longo do tempo de repouso, sugerindo que as amostras poderiam mostrar estabilidade ao manuseio e fermentação. Já, a diminuição dos valores de extensibilidade confirmou o efeito diluente das farinhas de amaranto, quinoa e maca na matriz de glúten.

3.6 REFERÊNCIAS

ABUGOCH, J.L.E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.58, p.1-31, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n.354, de 18 de julho de 1996**. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária aprova a norma técnica referente à farinha de trigo. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/354_96.htm. Acesso em: 20 nov. 2012.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, n.2, p.106-113, 2010. [Review].

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10.ed. Saint Paul: AACC, 2000. v.1-2.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000. v.2.

BARNES, P.J. The influence of wheat endosperm on flour colour grade. **Journal of Cereal Science**, v.4, n.2, p.143-155, 1986.

BECKER, R.; WHEELER, E.L.; LORENZ, K.; STAFFORD, A.E.; GROSJEAN, O.K.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. A compositional study of amaranth grain. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1175-1180, 1981.

BECHTEL, D.B.; ZAYAS, I.; DEMPSTER, R.; WILSON, J.D. Size-distribution of starch granules isolated from hard red winter and soft red winter wheats. **Cereal Chemistry**, v.70, n.2, p.238-240, 1993.

BENNION, E.B. **Fabricación de pan**. Zaragoza: Acribia, 1970. 404p.

BIANCHI, A. Maca: *Lepidium meyenii*. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v.2, n.3, p.30-36, 2003.

BRABENDER. Food Division. Products. **Quality control**. 2010. Disponível em: <http://www.brabender.com/english/food/products/quality-control.html>. Acesso em: 9 dez. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução Normativa SARC n.7, de 15 de agosto de 2001**. Aprova o Regulamento técnico de identidade e de qualidade do trigo. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/trigo.pdf>. Acesso em: 29 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.8, de 02 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e de qualidade da farinha de trigo. Disponível em:

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAt oPortalMapa&chave=803790937>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BREADLINK. **Falling number in wheat**: how is it calculated and what does it mean to producers? Disponível em: <http://breadlink.co.uk/fallingNumber.pdf>. Acesso em: 15 out. 2012.

BUREŠOVA, I.; KRÁČMAR, S.; DVOŘÁKOVÁ, P.; STŘEDA, T. The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. **Journal of Cereal Science**, p.271-275, 2014.

CHAUHAN, G.S.; ZILLMAN, R.R.; ESKIN, N.A.M. Dough mixing and breadmaking properties of quinoa-wheat flour blends. **International Journal of Food Science and Technology**, v.27, n.6, p.701-705, 1992.

CLYDESDALE, F.M. Color: origin, stability, measurement, and quality. In: TAUB, I.A.; SINGH, R.P., eds. **Food storage stability**. Boca Raton: CRC Press, 1997. cap.7, p.175-190.

COGSWELL, T. Quality laboratory. In: PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. cap.4, p.613-660. [v.1: Fundamentals and ingredients].

DAVIES, J.; BERZONSKY, W.A. Evaluation of spring wheat quality traits and genotypes for production of Cantonese Asian noodles. **Crop Science**, v.43, n.4, p.1313-1319, 2003.

DEVAUX, M.F.; MONREDON, F.L.D.; GUIBERT, D.; NOVALES, B.; ABECASSIS, J. Particle size distribution of break, sizing and middling wheat flours by laser diffraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.78, n.2, p.237-244, 1998.

DINI, A.; MIGLIUOLO, G.; RASTRELLI, L.; SATURNINO, P.; SCHETTINO, O. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. **Food Chemistry**, v.49, n.4, p.347-349, 1994.

EL-DASH, A.; CAMPOS, J.E.; GERMANI, R.; MAZZARI, M.R.; CABRAL, L.C., eds. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e sorgo na produção de pães. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. v.4.

FAHEY, J.W.; ZALCMANN, A.T.; TALALAY, P. The chemical and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**, v.56, p.5-51, 2001.

FENG, N.; HE, Z.; ZHANG, Y.; XIA, X.; ZHANG, Y. QTL mapping of starch granule size in common wheat using recombinant inbred lines derived from a PH82-2/Neixiang 188 cross. **Crop Journal**, v.1, n.2, p.166-171, 2013.

GANGADHARAPPA, G.H.; RAMAKRISHNA, R.; PRABHASANKAR, P. Chemical and scanning electron microscopic studies of wheat whole-meal and its streams from roller flour mill. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.3, p.366-371, 2008.

GELINAS, P.; POITRAS, E.; MCKINNON, C.M.; MORIN, A. Oxido-reductases and lipases as dough-bleaching agents. **Cereal Chemistry**, v.75, n.6, p.810-814, 1998.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C.M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, n.1/3, p.12-30, 2005.

GONZÁLES-TORRALBA, J.; ARAZURI, S.; JARÉN, C.; ARREGUI, L.M. Influence of temperature and r.h. during storage on wheat bread making quality. **Journal of Stored Products Research**, v.55, p.134-144, 2013.

GORINSTEIN, S.; MEDINA-VARGAS, O.J.; JARAMILLO, N.O.; ARNAO SALAS, I.; MARTINEZ AYALA, A.L.; ARANCIBIA-AVILA, P.; TOLEDO, F.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, v.225, n.3/4, p.321-328, 2007.

HAGBERG, S. A rapid method for determining alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v.37, p.218-222, 1960.

HE, H.; HOSENEY, R.C. Gas retention of different cereal flours. **Cereal Chemistry**, v.68, n.4, p.334-336, 1991.

HERA, E.; RUIZ-PARÍS, E.; OLLETE, B.; GÓMEZ, M. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. **LWT - Food Science and Technology**, v.49, n.1, p.48-54, 2012.

HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston: Hunterlab, 1998.

HRUŠKOVÁ, M.; ŠVEC, I.; JIRSA, O. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.3, p.439-444, 2006.

IWUOHA, C.I.; NWAKANMA, M.I. Density and viscosity of cold flour pastes of cassava (*Manihot esculenta* Grantz), sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) and white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) tubers as affected by concentration and particle size. **Carbohydrate Polymers**, v.37, n.1, p.97-101, 1998.

KIM, H.S.; HUBER, K.C. Channels within soft wheat starch A- and B-type granules. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.1, p.159-172, 2008.

KIM, W.; CHOI, S.G.; KERR, W.L.; JOHNSON, J.W.; GAINES, C.S. Effect of heating temperature on particle size distribution in hard and soft wheat flour. **Journal of Cereal Science**, v.40, n.1, p.9-16, 2004.

KONICA MINOLTA. Measurement Fundamentals. Precise Color Communication. **Color control from perception to instrumentation**. Part I: Let's study color. Disponível em: <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/>. Acesso em: 10 jan. 2015.

KOZIOL, M.J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Composition and Analysis**, n.5, n.1, p.35-68, 1992.

LOCATELLI, D.P.; LIMONTA, L.; STAMPINI, M. Effect of particle size of soft wheat flour on the development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v.44, n.3, p.269-272, 2008.

LORENZ, K. *Amaranthus hypochondriacus*: characteristics of the starch and baking potential of the flour. **Starch/Stärke**, v.33, n.5, p.149-153, 1981.

MOUSIA, Z.; EDHERLY, S.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**, v.37, n.5, p.449-459, 2004.

PARK, S.H.; MAEDA, T.; MORITA, N. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, v.52, n.4, p.337-343, 2005.

PARKER, M.L. The relationship between A-type and B-type starch granules in the developing endosperm of wheat. **Journal of Cereal Science**, v.3, n.4, p.271-278, 1985.

PERTEN, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v.41, n.3, p.127-140, 1964.

PERTEN INSTRUMENTS. **The falling number® method**. Disponível em: <http://www.perten.com/Products/Falling-Number/The-Falling-Number-Method/>. Acesso em: 28 dez. 2012.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C.P.R.S.; CAMPAGNOLLI, D.M.F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos: Centro de Pesquisa e Tecnologia de Cereais, 1995. 67p.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 1999. 72p.

PYLER, E.J.; GORTON, L.A. (Eds.) **Baking science and technology. Vol.1: Fundamentals and ingredients**. Kansas: Sosland Publishing Co., 2008, p.772.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. Avaliação objetiva da cor. In: **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Cap. 7, ed. UFV, Viçosa-MG, p.287-370, 2007.

RASPER, V.F.; WALKER, C.E. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: KULP, K.; PONTE, J.G., eds. **Handbook of cereal science and technology**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2000. cap.16, p.505-538. (Food science and technology, v.99).

RONDÁN-SANABRIA, G.G.; FINARDI-FILHO, F. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.492-498, 2009.

RONDÁN-SANABRIA, G.G.; PIRES, T.C.R.; FINARDI-FILHO, F. Ensaio preliminares de detecção de atividades amilolítica e pectinolítica em maca (*Lepidium meyenii* Walp.). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.1, p.45-51, 2006.

ROSELL, C.M.; CORTEZ, G.; REPO-CARRASCO, R. Breadmaking use of the Andean crops quinoa, kaniwa, kiwicha, and tarwi (*Lupinus mutabilis*). **Cereal Chemistry**, v.86, n.4, p.386-392, 2009.

ROSELL, C.M.; ROJAS, J.A.; BARBER, B.C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v.15, n.1, p.75-81, 2001.

SAIZ, A.I.; MANRIQUE, G.D.; FRITZ, R. Determination of benzoyl peroxide and benzoic acid levels by HPLC during wheat flour bleaching process. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.1, p.98-102, 2001.

SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A.; DOMINGO, M.V.; MAYA, S.; SALDAÑA, C. Amaranth flour blends and fractions for baking applications. **Journal of Food Science**, v.50, n.3, p.789-794, 1985.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E.K.; BELLO, F.D., eds. **Gluten-free cereal products and beverages**. Boston: Academic Press, 2008. cap.7, p.149-190. (Food science and technology).

SILVA, G.M.; TURINEK, M.; JAKOP, M.; BAVEC, M.; BAVEC, F. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. **Agricultura**, n.6, n.2, p.43-53, 2009.

SINDHUJA, A.; SUDHA, M.L.; RAHIM, A. Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. **European Food Research and Technology**, v.221, n.5, p.597-601, 2005.

SHUEY, W.C. Flour color as a measurement of flour quality. Baker's Digest. 49, n.5, 18. 1975. *apud*: PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. cap.4, p.613-660. [v.1. Fundamentals and ingredients].

SOLOGUK, S.; SORENSON, B. **Understanding wheat quality tests**. Fargo: Northern Crops Institute, 2005. Disponível em: <http://www.northern-crops.com/technical/fallingnumber.htm>. Acesso em: 30 nov. 2012.

TAPIA-BLÁCIDO, D.R.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Potential of *Amaranthus cruentus* BRS Alegria in the production of flour, starch and protein concentrate: chemical, thermal and rheological characterization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, n.7, p.1185-1193, 2010.

TELLEZ, M.R.; KHAN, I.A.; KOBASISY, M.; SCHRADER, K.K.; DAYAN, F.E.; OSBRINK, W. Composition of the essential oil of *Lepidium meyenii* (Walp.). **Phytochemistry**, v.61, n.2, p.149-155, 2002.

TOSI, E.A.; RÉ, E.D.; MASCIARELLI, R.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; DE LA TORRE, M.A. Whole and defatted hyperproteic amaranth flour tested as wheat flour supplementation in mold breads. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.35, n.5, p.472-475, 2002.

VALENTOVÁ, K.; BUCKIOVÁ, D.; KŘEN, V.; PĚKNICOVÁ, J.; ULRICHOVÁ, J.; ŠIMÁNEK, V. The *in vitro* biological activity of *Lepidium meyenii* extracts. **Cell Biology and Toxicology**, v.22, n.2, p.91-99, 2006.

VERNAZA, M.G.; GULARTE, M.A.; CHANG, Y.K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.

WALDE, S.G.; TUMMALA, J.; LAKSHMINARAYAN, S.M.; BALARAMAN, M. The effect of rice flour on pasting and particle size distribution of green gram (*Phaseolus radiata*, L. Wilczek) dried batter. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, n.9, p.935-942, 2005.

WANG, J.; ROSELL, C.M.; BARBER, C.B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v.79, n.2, p.221-226, 2002.

WANG, Y.; WANG, Y.; MCNEIL, B.; HARVEY, L.M. Maca: an Andean crop with multi-pharmacological functions. **Food Research International**, v.40, n.7, p.783-792, 2007. [Review].

ZHAO, J.; WHISTLER, R.L. Isolation and characterization of starch from amaranth flour. **Cereal Chemistry**, v.71, n.4, p.392-393, 1994. [Note].

CAPÍTULO 4: PROPRIEDADES FÍSICAS E REOLÓGICAS DE MASSAS DE PANETONE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.), QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA* W.) OU MACA (*LEPIDIUM MEYENII* W.)

RESUMO

No presente capítulo, foram investigadas as propriedades físicas e reológicas de massas fermentadas de panetone preparadas a partir de misturas de farinha de trigo com farinhas dos pseudo-cereais amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e raiz de maca (*Lepidium meyenii* W.) (0, 10, 20, 30 e 40 % de adição). Os resultados das análises após 90 min de fermentação mostraram valores similares de volume específico e L* (luminosidade) entre o controle (farinha de trigo) e as formulações com 10 e 20 % de adição das farinhas de amaranto e quinoa. As formulações preparadas com adição de farinha de maca apresentaram redução significativa ($p < 0,05$) do volume e L*, tendência aos tons vermelho/amarelo com aumento da vivacidade da cor (C^*_{ab} elevado) e maior diferença na cor (ΔE^*_{ab}) em relação às outras formulações (14,88 com 40 % de adição). As seções de massa elaboradas com adição de farinha de amaranto e maca apresentaram elevado número de células de gás em relação às formulações contendo farinha de quinoa. Em contraste, as células de gás das formulações com farinha de quinoa mostraram elevados valores da área média (Am) e perímetros. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou grânulos de amido incorporados numa estrutura contínua da matriz de proteínas e sólidos solúveis. A adição de 10 – 20 % de farinha de amaranto ou quinoa e 30 % de farinha de amaranto, não aumentou significativamente ($p > 0,05$) a firmeza da massa. Com 10 % de adição todas as formulações apresentaram extensibilidade estatisticamente similar ao controle. As formulações com adição de farinha de maca mostraram aumento significativo ($p < 0,05$) do ponto de quebra, firmeza, consistência, coesividade, viscosidade e resistência e diminuição gradativa da extensibilidade da massa. As principais correlações se apresentaram entre as medições do volume específico e densidade, a cor, as áreas das células de gás, e incluindo os parâmetros de firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade das formulações. Estes resultados sugerem que as formulações contendo adição de 10 % de farinha de maca, 10 % e 20 % de farinhas de amaranto e quinoa e inclusive 30 % de farinha de amaranto poderiam ser aproveitadas para a produção de panetone.

Palavras-chave: Massa de panetone; propriedades físico-químicas; reologia.

ABSTRACT

In the present chapter, the physical and rheological properties of fermented panettone doughs prepared from wheat flour and blends with pseudo-cereals amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and maca root (*Lepidium meyenii* W.) flours were investigated (0, 10, 20, 30 and 40 % addition). Results of the analyses after 90 min of fermentation showed similar specific volume and L* (lightness) values between control (wheat flour) and formulations containing 10 % and 20 % of amaranth and quinoa flours. Formulations containing maca flour showed significant reduction ($p < 0.05$) of volume and L*, tendency to red/yellow hues with increased color vividness (high C*_{ab}) and higher difference in color (ΔE^*_{ab}) when compared to the other formulations (14.88 with 40% added). All amaranth and maca sections presented high number of gas cells compared to quinoa flour formulations. In contrast, gas cells of quinoa flour formulations showed high values of the average area (Am) and perimeters. The scanning electron microscopy (SEM) showed the starch granules embedded into a continuous matrix structure of proteins and soluble solids. The addition of 10 – 20 % amaranth or quinoa flours and 30 % of amaranth flour, did not increase significantly ($p > 0.05$) the dough firmness. With 10 % of addition all formulations showed extensibility statistically similar to the control. The formulations with added maca flour showed significant increase ($p < 0.05$) of the breaking point, firmness, consistency, cohesiveness, viscosity and resistance, and a gradually decrease of dough extensibility. The main correlations performed between the measurements of the specific volume and density, color, area of gas cell, and including the firmness, consistency, cohesiveness and viscosity index parameters of formulations. These results suggest that the addition of formulations containing 10 % maca flour, 10 % and 20 % amaranth and quinoa flour, and even 30 % amaranth flour could be utilized for the panettone production.

Key words: Panettone dough; physico-chemical properties; rheology.

4.1 INTRODUÇÃO

Panetone é um pão típico preparado de massa doce e ingredientes opcionais (BENEJAM, STEFOLANI, LEÓN, 2009). A massa, uma rede polimérica de glúten englobando amido, é um produto intermediário na transformação da farinha em pão ou em outros produtos cozidos no forno e é constituída principalmente por farinha de trigo, água, sal, levedura e outros ingredientes que formam cerca de 60% do volume do material (HIKS et al., 2012).

O desenvolvimento da massa, que ainda não está claramente compreendido, é um processo fundamental na panificação e envolve a quebra de algumas ligações e a formação de novas. Estes laços mantém a proteína na sua configuração original. Depois das ligações terem sido quebradas, as proteínas podem juntar-se para formar uma matriz tridimensional (EDWARDS, 2007). As bolhas de ar são incorporadas e dispersas na massa durante a mistura e diferentes operações mecânicas. Durante a fermentação, a levedura produz e multiplica dióxido de carbono e álcool a partir de açúcares. Alguns minutos após a mistura, todo o oxigênio que foi introduzido é usado pela levedura. Consequentemente, devido às condições anaeróbias, o metabolismo da levedura é voltado para a fermentação. O dióxido de carbono, primeiramente produzido, se dissolve na água livre na massa. E quando atinge o ponto de saturação, ele se acumula sob a forma gasosa, exercendo pressão interna na rede de glúten impermeável. Esta última, que é elástica e extensível, permite crescer a massa, enquanto a estrutura externa é mantida. Os poros no miolo correspondem à dilatação do CO₂ e não tem nada a ver com a distribuição das células da levedura (POITRENAUD, 2004).

Entre as farinhas de cereais, o trigo é único que apresenta características que lhe permitem ser utilizado na preparação de uma extensa variedade de produtos de panificação (ATTENBURROW et al., 1990). O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e a quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) são pseudocereais com origens nas culturas pré-colombianas Azteca e Inca e apresentam elevado conteúdo de nutrientes como minerais, vitaminas, ácidos graxos e aminoácidos essenciais (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). A maca (*Lepidium meyenii* W.), uma herbácea nativa da região andina, é amplamente utilizada como alimento devido ao seu alto valor nutritivo (BIANCHI, 2003). Devido a estas propriedades essenciais, o amaranto, a quinoa

e a maca oferecem potenciais oportunidades para a produção de alimentos nutritivos. Estudos têm sido realizados usando amaranto e quinoa para a produção de produtos sem glúten (KISKINI et al., 2007, SCHOENLECHNER et al., 2010) e para aplicações em panificação, sendo utilizadas como misturas com farinha de trigo (SÁNCHEZ-MARROQUIN et al., 1985, PARK, MAEDA, MORITA, 2004, CHAUHAN, ZILLMAN, ESKIN, 1992). A maioria dos pesquisadores tem investigado a produção de pão com misturas de farinha de trigo, sendo que o nível de incorporação na massa de farinha de trigo tipicamente variou de 10 a 20 % (SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008). Determinar as porcentagens adequadas de aplicação destes alimentos para a elaboração de um produto altamente aerado como o panetone parece ser interessante, especialmente quando o uso da farinha de trigo misturada com estas culturas pode ajudar a melhorar a qualidade nutricional do produto e ainda manter todas as características físicas e sensoriais.

4.1.1 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DA MASSA DE PANETONE

Durante a produção do panetone, os principais desafios são tanto a produção de uma massa com capacidade para manter as frutas e uva passas durante os períodos de fermentação e cozimento, como a obtenção de um produto que mantenha a sua qualidade durante o armazenamento (BENEJAN; STEFFOLANI; LEÓN, 2009).

Geralmente, na elaboração do panetone são empregados o método da massa *sourdough* e o método da esponja e massa (BENEJAN; STEFFOLANI; LEÓN, 2009).

4.1.1.1 MASSA SOURDOUGH

A massa “*sourdough*”, massa azeda ou lèveada (com *levain* – levedura viva), é obtida por fermentação natural, que consiste basicamente de uma mistura de farinha e água, fermentada com uma mistura de iniciadores microbianos (leveduras e bactérias lácticas). Neste método, uma parte dessa massa é utilizada como substituto do fermento, sendo que outra parte é salva para continuar uma constante renovação, usando condições

rigorosas de receita e maturação (LAI; LIN, 2006; BENEJAM, ESTEFFOLANI, LEÓN, 2009). Neste tipo de fermentação, os ácidos orgânicos produzidos melhoram o sabor do produto, ajudam na formação da rede de glúten e aumentam a retenção de gás, resultando em produtos com boa textura e volume (PLESSAS et al., 2011).

4.1.1.2 MÉTODO DE ESPONJA E MASSA

O método da esponja ou esponja e massa envolve um método de mistura que compreende dois estágios ou fases distintos. A primeira, chamada de formação da esponja, e a segunda, chamada de formação da massa. Na etapa da formação da esponja uma parte dos ingredientes é misturada e seguidamente submetida a uma fermentação preliminar (*levain* ou pré-fermento ou esponja). Geralmente, a esponja contém de 50 a 70 % do total da farinha a ser utilizada, assim como o total de fermento biológico e aditivos da levedura e uma quantidade de água suficiente para produzir uma massa arejada ligeiramente dura ou rígida. Esta massa é deixada a fermentar a 25 – 27 °C por um determinado período de tempo (1 – 5 horas) dependendo da quantidade de fermento, temperatura, quantidade de água e sal. O fim desse tempo de fermentação é obtido quando o aumento no volume da esponja é interrompido e começa a descer (colapso ou quebra) (EL-DASH, CAMARGO, DIAZ, 1982; CAVANAGH et al., 2010; PYLER, GORTON, 2008; CAUVAIN, 1999). Na segunda fase, depois de formada a esponja, esta é misturada com o restante dos ingredientes para formar a massa. Após a mistura, a massa resultante é então dividida, modelada e levada à fermentação final (CAVANAGH et al., 2010; LAI; LIN, 2006).

O método esponja ou esponja e massa proporciona várias vantagens para o processo de fabricação, incluindo as seguintes (CAVANAGH et al., 2010; PYLER, GORTON, 2008; EL-DASH, CAMARGO, DIAZ, 1982):

- Economia de 15 – 25 % de fermento (em relação ao método de massa direta);
- Produção de uma massa mais extensível;
- Ativação da levedura;
- Formação de massa mais suave e homogênea;

- Aroma e sabor superiores;
- Geração de miolo macio e textura regular;
- Processo de esponja e massa mais tolerante a possíveis atrasos no processamento (processo mais flexível);
- Aumento na vida de prateleira.

4.1.2 QUALIDADE DA MASSA

4.1.2.1 TEXTURA

Szczesniak (2002) define a textura como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais de alimentos detectados através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia.

Esta definição transmite conceitos importantes, tais como:

- É uma propriedade sensorial que pode ser percebida e descrita pelo ser humano. Os instrumentos de análise de textura podem detectar e quantificar apenas determinados parâmetros físicos que, em seguida, devem ser interpretados em termos da percepção sensorial;
- É um atributo de múltiplos parâmetros;
- Deriva da estrutura do alimento (molecular, microscópica ou macroscópica);
- É detectada por vários sentidos, sendo os mais importantes os sentidos do tato e a pressão.

Há uma enorme gama de características de textura nos alimentos: mastigabilidade, suavidade, crocância, suculência, suavidade, maciez, derretimento, viscosidade, fluidez, cremosidade, entre outros. Esta diferença nas propriedades reológicas e texturais encontrada decorre da demanda por variedade na natureza da alimentação (BOURNE, 2002), e é importante de ser estudada, pois pode ajudar a classificar o produto e afetar o

comportamento alimentar durante o processamento, armazenamento, embalagem, manuseio e consumo (EDUARDO, LANNES, 2007).

4.1.2.2 BACK EXTRUSION

A análise chamada de *back extrusion* é um teste rápido que requer equipamento simples e facilmente disponível como é o texturômetro composto por um *probe* e copo de teste (OSORIO, STEFFE, 1991). Nesta análise de compressão-extrusão o material é colocado no copo ou célula de extrusão com o topo aberto e um *probe* compressor é forçado para baixo no copo até a estrutura da amostra ser perturbada e que, conseqüentemente, ela extrude através do espaço anular entre o *probe* e a parede da célula (Figura 27).

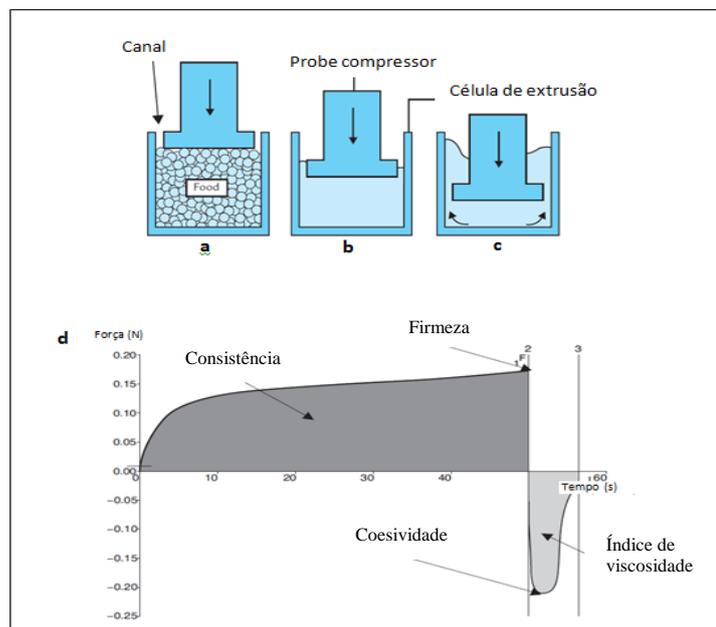


Figura 27 - Diagrama esquemático da análise de *back extrusion*. (a) O *Probe* desce e começa a contatar com a superfície do alimento. (b) O alimento é comprimido e um pouco de líquido pode ser extraído. (c) O alimento é extrudado através do anel. (d) Curva típica.

Os parâmetros de textura calculados (AFOAKWA, 2010; BOURNE, 2002) são:

- *Firmeza*: força de compressão máxima na pressão de extrusão para dentro da amostra (N).
- *Ponto de quebra*: é a força inicial ou ponto onde a amostra começa a se romper e flui sobre o anel do probe (N);
- *Consistência*: área no interior da curva durante o impulso de extrusão (N.s);
- *Coesividade*: força máxima de compressão durante a retirada da sonda da amostra (N);
- *Índice de viscosidade*: área dentro da região negativa da curva durante a retirada da sonda (N.s).

Normalmente, a força máxima necessária para realizar a extrusão é medida e utilizada como um índice de qualidade de textura (BOURNE, 2002). Diversos estudos em alimentos têm utilizado este método para determinar parâmetros reológicos de alimentos como chocolates, onde o índice de viscosidade obtido nos testes possibilita prever a tensão de escoamento e a viscosidade aparente dos chocolates durante a fabricação (AFOAKWA, 2010). Gonçalves (2011), Gonçalves e Lannes (2010), Eduardo e Lannes (2007) e Medeiros e Lannes (2007) utilizaram este método no estudo do desenvolvimento de produtos a base de chocolate como *fondue* e achocolatado em pó. A avaliação da textura em sorvetes utilizando a análise foi aplicada por Silva (2008), Su (2011) e Milliatti (2013). Rios (2014) e Aquino (2012) também utilizaram esta análise para determinar a textura em massas de bolo e pão. Neste último estudo, diferenças no comportamento reológico das massas preparadas por diferentes processos fermentativos e a influência de ingredientes como o iogurte foram observadas.

4.1.2.3 EXTENSIBILIDADE

A qualidade do glúten está relacionada ao volume do produto, um parâmetro de qualidade, pois durante a fermentação a massa expande com a produção de CO₂ que deve ser retido pela sua estrutura (MATUDA, 2004). A análise de extensibilidade mede a

força máxima de resistência à extensão e a extensibilidade da massa quando uma força de extensão é aplicada. Parâmetros, incluindo a resistência máxima e extensibilidade máxima no momento da ruptura da massa estão relacionados com propriedades de manuseio da massa (BOURNE, 2002; NASH et al., 2006).

Existem vários métodos que têm sido utilizados para medir as propriedades reológicas da massa em extensão: extensão uniaxial simples, onde a massa é esticada em uma direção; e extensão biaxial, onde a massa é esticada em duas direções opostas, o que pode ser conseguido, por compressão entre superfícies lubrificadas ou pela inflação de uma bolha de ar (DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003). A análise de extensografia e alveografia têm sido os métodos tradicionais a ser empregados para avaliar a qualidade da massa. No entanto, o requisito de grandes quantidades de amostra e tempo prolongado têm limitado a sua utilização como ferramentas práticas de teste.

No método Kieffer (KIEFFER et al., 1998) o desenvolvimento de um acessório para o analisador de textura TA-XT2 para medir a extensibilidade e a elasticidade (resistência à extensão) apresenta vantagens devido ao uso de apenas um acessório para realização da análise, não sendo necessário um equipamento específico além de permitir várias repetições, pois demanda de pequena quantidade de amostra para cada determinação. Mann et al. (2005) compararam as duas técnicas para medir a extensibilidade em pequena (método Kieffer) e grande escala (extensógrafo). Os dados verificaram que o teste em pequena escala é uma forte e eficiente alternativa tanto para criação comercial e pesquisa e apresenta vantagens significativas em termos de tamanho da amostra, rendimento, capacidade de fornecer altos níveis de replicação da medição e coleta de dados e manipulação.

O aumento no interesse por métodos de análise de extensibilidade em pequena escala tem incentivado o desenvolvimento de plataformas de ensaio e métodos alternativos. Recentemente, uma adaptação da análise em pequena escala, com variação no uso do *probe tensile gripe* anexado ao texturômetro TA.XT2, foi estudada por Aquino (2012), mostrando boa aplicabilidade e facilidade na repetição do processo de medição.

4.2 OBJETIVOS

▪ OBJETIVO GERAL

Determinar as características físicas e reológicas da massa fermentada de panetone com adição das farinhas de amaranto, quinoa ou maca.

▪ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a influencia da adição das farinhas no volume específico, densidade, cor e estrutura da massa.

- Avaliar o comportamento reológico da massa através das análises de *back extrusion* e extensibilidade após o período de fermentação.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 MATERIAIS

As farinhas comerciais de trigo, amaranto, quinoa e maca foram compradas de empresas locais (Bunge, São Paulo, Brasil e SerLeve, São Paulo, Brasil). Os aditivos de panificação (DIMODAN PH 300-A, PANODAN 20 e GRINDAMYL MAX-LIFE 25) foram cedidos pela Danisco Brasil Ltda. (Cotia, Brasil), as gorduras (PROPAN 00LT e margarina PROBISC 80) pela Bunge (Bunge, São Paulo, Brasil), o glúten seco pela Roquette Frères (França) e os aromas líquidos (panetone, laranja, baunilha, margarina) pela Grasse Aromas (Brasil). Os outros ingredientes: fermento biológico seco (Fleishman), ovo desidratado (Cooperovos, Brasil), açúcar refinado, sal e leite em pó integral foram adquiridos no comércio local.

As misturas de farinha foram preparadas pela substituição parcial da farinha de trigo por uma das três farinhas: amaranto, quinoa ou maca. Quatro níveis de adição de cada farinha foram aplicados em percentagens de 10 %, 20 %, 30 % e 40 %.

4.3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.3.2.1 PROCESSAMENTO DA MASSA

A formulação básica para a elaboração das massas se encontra descrita na Tabela 19. A Figura 28 ilustra o fluxograma do processamento das massas empregando-se o método de esponja e massa. A esponja foi preparada misturando a farinha de trigo, água morna (25 – 30 °C), açúcar, levedura seca, gordura, emulsificante e glúten seco durante 7 min. em amassadeira espiral (15 kg, FERRI/Camargo & Gomiero, Brasil). A massa resultante foi fermentada por 120 min em câmara climática (Nova Ética Ind., Com. e Serviços, Brasil), a 28 °C, e 75 % de umidade relativa (UR).

Tabela 19 - Ingredientes utilizados para elaboração da massa de panetone*

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	0%	10%	20%	30%	40%
Esponja					
Farinha de trigo	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Água	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Açúcar refinado	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Fermento biológico seco	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Emulsificante	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gordura	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Massa					
Farinha de trigo	40,00	30,00	20,00	10,00	-
Água	24,65	24,65	24,65	24,65	24,65
Açúcar refinado	25,48	25,48	25,48	25,48	25,48
Fermento biológico seco	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Margarina	10,61	10,61	10,61	10,61	10,61
Emulsificante	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Glúten seco	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Enzima	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Farinha: amaranto/quinoa/maca	-	10,0	20,0	30,0	40,00
Ovo	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40
Leite em pó	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
Sal	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Aromas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

*Referência a 100 g de farinha.

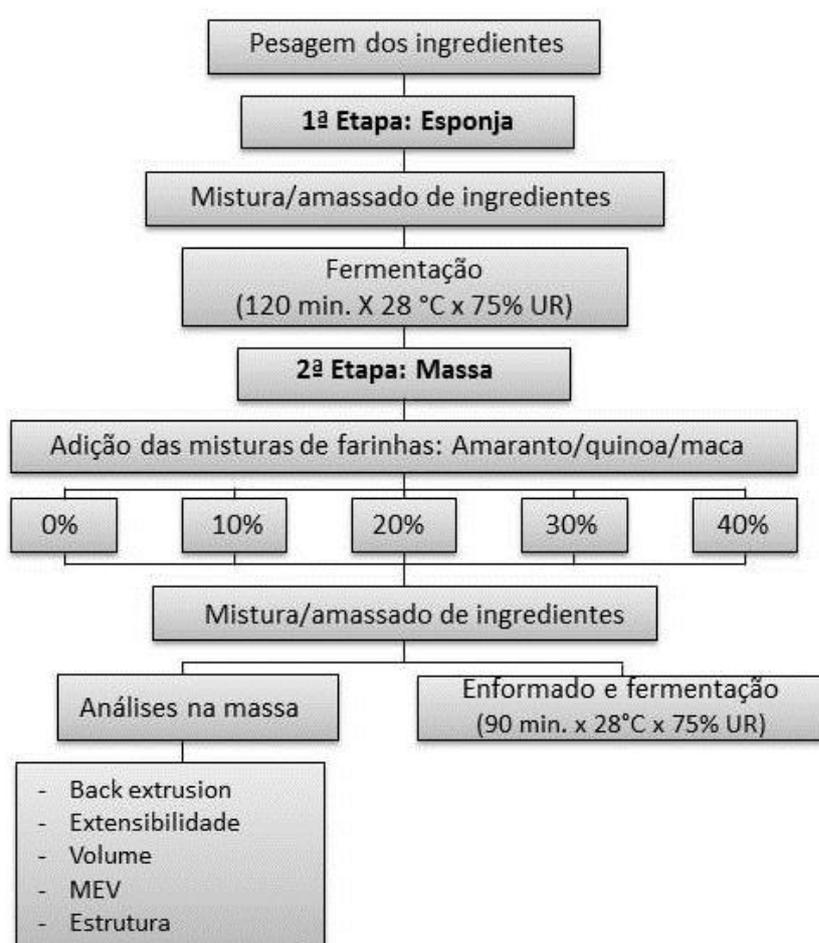


Figura 28 - Fluxograma do processamento da massa de panetone.

Após o término da fermentação da esponja, procedeu-se ao preparo da massa. A esponja, junto com os ingredientes secos e água morna, foram misturados durante aproximadamente 7 min. Em seguida, foram adicionados a gordura e o ovo e foi reiniciada a homogeneização por 10 min. Por último, adicionaram-se os aromas prosseguindo-se a mistura por mais 3 min aproximadamente. Após 5 min de descanso da massa esta foi dividida e preparada para as diferentes análises.

As formulações contendo misturas de farinha de maca não levaram adição de enzima devido aos resultados mostrados na análise de *falling number* (CAPÍTULO 3), onde observou-se alta atividade enzimática apresentada para todos os níveis de mistura.

A quantidade de água utilizada foi mantida a mesma para as formulações controle e misturas de farinhas.

4.3.2.2 PROPRIEDADES FÍSICAS

4.3.2.2.1 VOLUME ESPECÍFICO E DENSIDADE

Para a análise de volume e densidade, amostras de cerca de 10 g foram colocadas em proveta sendo a abertura fechada para evitar a formação de crosta por ressecamento da massa. As amostras foram então fermentadas em câmara climática (Nova Ética Ind., Com. e Serviços, Brasil) a 28 °C e 75% UR por um período de 90 min. A leitura da análise de volume (mL) foi realizada ao fim do período de fermentação (Figura 29). A partir destes resultados, o volume específico (mL/g) e densidade (g/mL) foram calculados. As análises foram realizadas em triplicata.

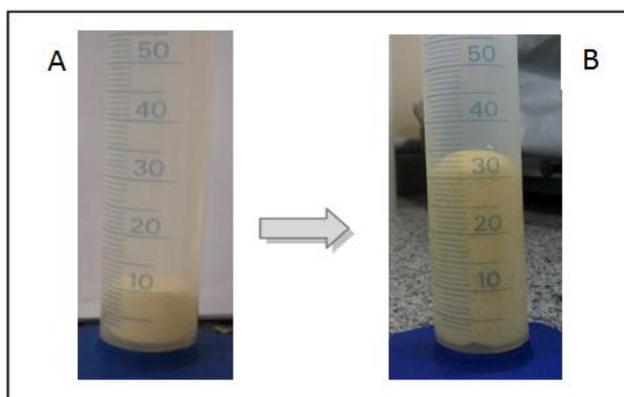


Figura 29 - Análise de volume em massa de panetone. Amostras de massa antes (A) e depois (B) do período de fermentação.

4.3.2.2.2 COR DA MASSA

Amostras das massas foram colocadas em placas de Petri e, ao final do período de fermentação, os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) foram mensurados utilizando o sistema CIE- $L^*a^*b^*$ em espectrofotômetro HunterLab modelo UltraScanTMXE, com iluminante D65 a 420 nm e ângulo de observação de 10°. A calibração foi realizada utilizando software Universal 4.0 (EUA). Os parâmetros C^*_{ab} e h_{ab} e as diferenças de cor (ΔE^*_{ab})

foram matematicamente calculados utilizando as formulas descritas no CAPÍTULO 3. Foram feitas três leituras por amostra com três repetições.

4.3.2.2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA MASSA

Para cada formulação, três amostras de aproximadamente 20 g foram fermentadas em placas de Petri. No final do tempo de fermentação, imagens digitais (300 dpi) da expansão radial foram adquiridas pela digitalização das amostras de massa utilizando-se scanner HP PSC 2355 (HP, Brasil). As imagens em formato de arquivo JPEG foram analisadas com o software de análise de imagens (ImageJ 1.41^o; *National Institutes of Health*, EUA). Cada campo de visão foi de aproximadamente 40 x 40 mm, de modo que, com um tamanho de imagem capturada de 741 x 741 pixels, a resolução espacial foi de aproximadamente 12 pixels por mm² de superfície da massa. Os parâmetros de análise medidos foram: número total de células (N), a razão entre a área da célula e a área total (Ar), área média (Am) em mm², perímetro e diâmetro.

4.3.2.2.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As características morfológicas das amostras foram determinadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando microscópio eletrônico de varredura modelo Quanta 600 FEG (FEI, Canada) (Figura 30). As amostras, obtidas no final do tempo de fermentação, foram congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e, liofilizadas em liofilizador (L4KR 118 BOC Ewards, Brasil). Posteriormente, foram fracionadas em tamanhos de cerca de 1 x 1 x 0,5 cm e, com a superfície interior exposta, montadas em bases, fixadas com fita dupla face de carbono e cobertas com platina para plaqueamento no equipamento *Modular High-Vacuum Coating System* (MED 020, Bal-Tec, Alemanha) a uma pressão de 10,00 kV.



Figura 30 - Microscópio eletrônico de varredura (SEM) Quanta 600FEG (FEI).

4.4.2.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

4.3.2.3.1 BACK EXTRUSION

A análise de *back extrusion* foi realizada utilizando um texturômetro TA-XT2 (*Stable Micro Systems Ltd*, Reino Unido) equipado com acessório AB/E e disco de compressão de 40 mm de diâmetro. Amostras de massa de cerca de 25 g foram fermentadas (28 °C x 75 % UR x 90 min) diretamente em recipientes de extrusão cobertas com filme plástico para evitar formação de crosta por ressecamento da massa. As análises foram realizadas na mesma temperatura de fermentação (28 °C). As medições foram realizadas no modo “*measure force in compression*” sob as seguintes condições:

- Velocidade Pré-Teste 2,0 mm/s;
- Velocidade Teste 2,0 mm/s;
- Velocidade Pós-Teste: 2,0 mm/s;
- Distância: 25 mm;
- Trigger: Auto – 0,10 N (ponto inicial da análise, quando o acessório encontra uma resistência igual ou superior a 10 g).

As amostras foram submetidas ao teste conforme mostra a Figura 31 e as análises realizadas em triplicata.

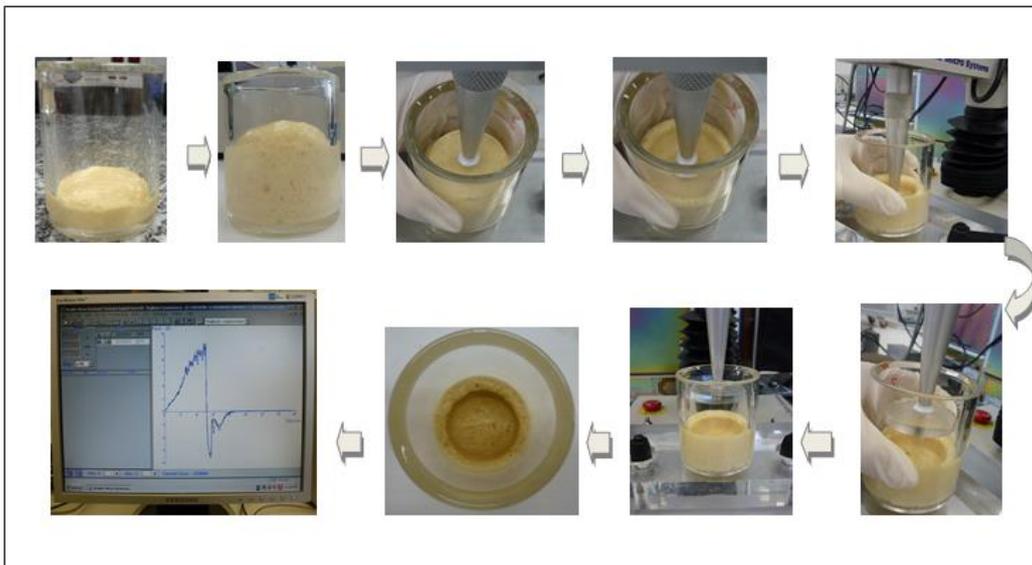


Figura 31 - Análise de *back extrusion* nas amostras de massa fermentada de panetone.

4.3.2.3.2 TESTE DE EXTENSIBILIDADE UNIAXIAL

A análise da resistência à extensão ou elasticidade (a força máxima, em N) e extensibilidade (distância à qual acontece a ruptura da amostra, em mm) da massa foi realizada através do analisador de textura TA-XT2 com acessório *probe tensile gripe*. Após o período de fermentação, as amostras de massa foram moldadas em formato cilíndrico, com comprimento de 5 cm e, após 10 min de tempo de equilíbrio, colocadas no equipamento para análise conforme mostra a Figura 32. As medições foram realizadas no modo “*measure force in tension*”, em triplicata sob as seguintes condições:

- Velocidade Pré-Teste 2,0 mm/s;
- Velocidade Teste 2,0 mm/s;
- Velocidade Pós-Teste: 10 mm/s;
- Distância: 185 mm;
- *Trigger*: Auto – 0,05 N

Para cada formulação, 5 amostras de 10 g de massa foram utilizadas para análise.

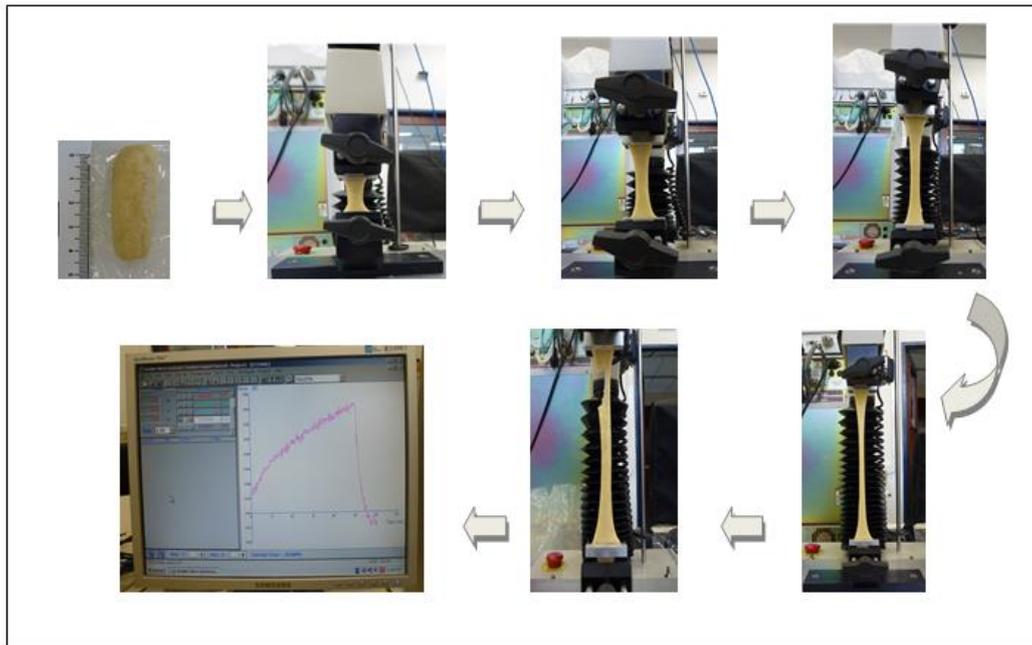


Figura 32 - Análise de extensibilidade nas amostras de massa fermentada de panetone.

4.3.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos como valores médios \pm desvio padrão. Todas as variáveis foram testadas por gráficos de dispersão e pelo teste de Hartley a fim de verificar a homogeneidade das variâncias. Em seguida, os testes ANOVA unifatorial e Tukey HSD foram realizados para identificar contrastes entre as amostras com um valor de significância menor que 0,05. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *Statistica 7.1* (StatSoft Inc., Tulsa, OK, EUA).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 VOLUME ESPECÍFICO E DENSIDADE

Os resultados das análises após o período de fermentação mostraram valores de volume específico próximos entre o controle e as formulações contendo 10 % e 20 % de farinha de amaranto e quinoa (Tabela 20). Essas amostras apresentaram capacidade estatisticamente similar para o desenvolvimento e a retenção de gás na massa. Com 30 % de adição, a amostra contendo farinha de amaranto apresentou o valor mais elevado (3,28 mL/g) com relação às outras amostras contendo a mesma porcentagem de adição.

Tabela 20 - Volume específico e densidade das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)
Controle	3,51 ^a ± 0,06	0,29 ^h ± 0,00
A10	3,48 ^a ± 0,01	0,29 ^{gh} ± 0,00
A20	3,39 ^{ab} ± 0,09	0,29 ^{gh} ± 0,01
A30	3,28 ^b ± 0,00	0,30 ^{fg} ± 0,00
A40	2,90 ^{de} ± 0,02	0,34 ^{cd} ± 0,00
Q10	3,47 ^a ± 0,08	0,29 ^{gh} ± 0,01
Q20	3,36 ^{ab} ± 0,03	0,30 ^{gh} ± 0,00
Q30	2,98 ^{cd} ± 0,06	0,34 ^{de} ± 0,01
Q40	2,78 ^e ± 0,06	0,36 ^c ± 0,01
M10	3,12 ^c ± 0,06	0,32 ^{ef} ± 0,01
M20	2,57 ^f ± 0,05	0,39 ^b ± 0,01
M30	2,27 ^g ± 0,00	0,44 ^a ± 0,00
M40	2,22 ^g ± 0,05	0,45 ^a ± 0,02

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (0 – 40 % de adição).

Médias seguidas de letras diferentes para cada parâmetro apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

O principal componente da massa é o ar, que surge a partir do ar aprisionado no volume total da massa ou a partir de arrastamento durante o processo de mistura da massa (SCANLON, ZGHAL, 2001). Os agentes de fermentação geram alterações na estrutura celular da massa através da geração de dióxido de carbono (CO₂); como resultado, as células de gás se expandem e a densidade da massa é reduzida (SCANLON, ZGHAL, 2001; BELLIDO, SCANLON, PAGE, 2009; MATUDA et al., 2008). O crescimento das células de gás depende em parte do tamanho das células. Maior pressão é necessária para expandir uma célula de gás pequena do que uma maior, e é possível que as bolhas menores não irão expandir-se por completo (AUTIO, LAURIJKAINEN, 1997). A estabilização da célula de gás e a retenção do gás são importantes porque determinam a estrutura do miolo e o volume do pão (AUTIO, LAURIJKAINEN, 1997; MATUDA et al., 2008).

Nas formulações, as amostras que contêm farinha de maca apresentaram os valores mais baixos de volume e, por conseguinte, a densidade mais elevada (0,44 g/mL e 0,45 g/mL para as amostras contendo 30 % e 40 % de farinha de maca, respectivamente), seguidas das amostras contendo 40 % de farinhas de amaranto e quinoa (0,34 g/mL e 0,36 g/mL, respectivamente). Esta perda de volume da massa e o consequente aumento da densidade podem ser explicados pelo enfraquecimento da massa como resultado da substituição da farinha de trigo que leva a uma diluição e perda da força da rede de glúten para reter o dióxido de carbono.

4.4.2 COR DA MASSA

Os efeitos da adição de farinha de amaranto, quinoa ou maca na cor das formulações são apresentados na Tabela 21. O valor de L* (luminosidade) foi próximo para o controle (farinha de trigo) e para as amostras contendo 10 % e 20 % de farinha de amaranto e 10 %, 20 % e 30 % de farinha de quinoa. As formulações contendo farinha de maca apresentaram os menores valores de luminosidade e, ainda com 10 % de adição, o valor L* (69,28) foi significativamente menor ($p < 0,05$) em comparação às outras formulações contendo a mesma porcentagem de adição.

Tabela 21 - Parâmetros de cor das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	L*	a*	b*	h _{ab} (graus)	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
Control	72,13 ^a ± 0,09	-0,31 ^g ± 0,02	32,83 ^d ± 0,19	90,60 ^a ± 0,01	32,75 ^d ± 0,01	-
A10	72,15 ^a ± 0,60	-0,22 ^g ± 0,01	32,40 ^d ± 0,47	90,53 ^a ± 0,08	32,50 ^d ± 0,45	0,25
A20	72,03 ^a ± 0,20	-0,14 ^g ± 0,02	32,24 ^d ± 0,25	90,29 ^a ± 0,04	32,54 ^d ± 0,12	0,28
A30	69,82 ^{cd} ± 0,65	0,66 ^e ± 0,10	32,60 ^d ± 0,03	88,89 ^c ± 0,17	32,61 ^d ± 0,02	2,51
A40	68,18 ^c ± 0,31	1,05 ^d ± 0,07	32,62 ^d ± 0,04	88,20 ^d ± 0,12	32,64 ^d ± 0,04	4,18
Q10	71,58 ^{ab} ± 0,21	-0,20 ^g ± 0,04	32,77 ^d ± 0,02	90,43 ^a ± 0,02	32,77 ^d ± 0,02	0,55
Q20	71,61 ^{ab} ± 0,24	0,22 ^f ± 0,01	33,69 ^c ± 0,25	89,67 ^b ± 0,02	33,69 ^c ± 0,25	1,2
Q30	71,11 ^{abc} ± 0,49	0,69 ^e ± 0,08	34,01 ^c ± 0,15	88,88 ^c ± 0,15	34,02 ^c ± 0,15	1,91
Q40	70,23 ^{bcd} ± 0,31	1,12 ^d ± 0,06	34,61 ^b ± 0,02	88,19 ^d ± 0,09	34,63 ^b ± 0,02	3,02
M10	69,28 ^{de} ± 0,18	0,96 ^d ± 0,02	33,69 ^c ± 0,15	88,41 ^d ± 0,04	33,70 ^c ± 0,15	3,26
M20	66,60 ^f ± 0,25	2,33 ^c ± 0,11	34,44 ^b ± 0,37	86,17 ^e ± 0,16	34,52 ^b ± 0,37	6,36
M30	61,82 ^g ± 0,16	3,64 ^b ± 0,12	35,47 ^a ± 0,12	84,19 ^f ± 0,17	35,66 ^a ± 0,13	11,37
M40	58,42 ^h ± 1,19	4,68 ^a ± 0,30	35,69 ^a ± 0,10	82,58 ^g ± 0,49	36,00 ^a ± 0,07	14,88

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (0 – 40 % de adição).

Médias seguidas de letras diferentes para cada parâmetro apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

O valor de a* foi negativo (tom verde) para a formulação controle e as formulações com 10% e 20% de adição de farinha de amaranto e 10% de farinha de quinoa. No entanto, com o aumento na porcentagem de substituição da farinha de trigo houve também aumento dos valores de +a* (tom vermelho) para todas as formulações. Esta tendência foi maior para as formulações contendo farinha de maca que apresentou valores até 4,68 (40 % de adição). Em relação aos valores de b*, as amostras contendo farinha de maca também apresentaram uma maior tendência à coloração amarelada sendo que, todas as formulações apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$) em comparação com o controle (32,83).

As formulações contendo 40 % de adição de farinha de quinoa e 20 – 40 % de adição de farinha de maca mostraram os valores mais altos de croma (C^*_{ab}), o que significa maior vivacidade da cor. Esses resultados indicam que a adição de farinha de maca proporciona amostras com cores mais vívidas (elevados valores de C^*_{ab}) e bastante mais escuras (baixos valores de L^*). Por outro lado, o aumento dos valores de a^* e b^* e diminuição de L^* indicam, conseqüentemente, maior diferença de cor (ΔE^*_{ab}) entre as amostras estudadas. Conforme observado no CAPÍTULO 3, as formulações com adição de farinha de maca (3,26 – 14,88), junto com as formulações com 40 % de adição de farinha de amaranto e quinoa (4,18 e 3,02, respectivamente), apresentaram os valores mais elevados, indicando maior diferença total de cor em relação ao controle. Estas variações nos parâmetros de cor, especialmente em formulações contendo farinha de maca, poderiam influenciar significativamente a cor do produto final e mesmo a percepção do consumidor (VERNAZA, GULARTE, CHANG, 2011).

4.4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA MASSA

A caracterização da estrutura da massa das formulações é mostrada na Tabela 22 e nas Figuras 33 – 36. A detecção das células do miolo nas porções de massa revelou diferenças no número de células de gás. O número de células nas secções do controle foi de 2357,67 com uma área celular média (A_m) de 0,22 mm², perímetro de 1,17 mm, diâmetro de 0,38 mm e razão da área (A_r) 0,27. De acordo com Švec e Hrušková (2004), quanto maior o número de células de gás, em conjunto com uma área celular média mais elevada, melhor a porosidade do pão.

Tabela 22 - Análise de imagem das formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	N (n ^o)	Area total de células (mm ²)	Am (mm ²)	Ar	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)
Control	2357,67 ^a ± 466,69	429,47 ^a ± 118,79	0,22 ^{abcd} ± 0,01	0,27 ^a ± 0,07	1,17 ^d ± 0,13	0,38 ^e ± 0,03
A10	1380,00 ^{ab} ± 122,05	426,91 ^a ± 73,01	0,31 ^{abcd} ± 0,04	0,27 ^a ± 0,05	1,75 ^{ab} ± 0,16	0,60 ^{abcd} ± 0,03
A20	1896,67 ^{ab} ± 412,63	389,66 ^a ± 8,73	0,21 ^{bcd} ± 0,04	0,24 ^a ± 0,01	1,44 ^{bcd} ± 0,09	0,51 ^{bcd} ± 0,01
A30	1625,33 ^{ab} ± 132,68	398,22 ^a ± 41,05	0,25 ^{abcd} ± 0,04	0,25 ^a ± 0,03	1,51 ^{abcd} ± 0,17	0,54 ^{bcd} ± 0,04
A40	1114,67 ^b ± 222,22	366,54 ^a ± 19,75	0,34 ^{abc} ± 0,06	0,23 ^a ± 0,01	1,97 ^a ± 0,12	0,71 ^a ± 0,05
Q10	1083,00 ^b ± 203,65	384,16 ^a ± 14,47	0,40 ^a ± 0,09	0,24 ^a ± 0,01	1,96 ^a ± 0,29	0,73 ^a ± 0,10
Q20	1073,00 ^b ± 206,01	371,45 ^a ± 20,96	0,35 ^{ab} ± 0,07	0,23 ^a ± 0,01	1,76 ^{ab} ± 0,20	0,63 ^{ab} ± 0,05
Q30	1081,00 ^b ± 86,27	361,24 ^a ± 52,63	0,35 ^{ab} ± 0,08	0,23 ^a ± 0,03	1,68 ^{abc} ± 0,16	0,62 ^{abc} ± 0,05
Q40	1194,00 ^b ± 148,50	375,29 ^a ± 13,09	0,32 ^{abcd} ± 0,04	0,24 ^a ± 0,01	1,71 ^{abc} ± 0,09	0,63 ^{ab} ± 0,03
M10	1689,00 ^{ab} ± 335,51	394,78 ^a ± 14,83	0,25 ^{abcd} ± 0,04	0,25 ^a ± 0,01	1,53 ^{abcd} ± 0,09	0,56 ^{bcd} ± 0,02
M20	1824,33 ^{ab} ± 232,90	335,49 ^a ± 103,60	0,18 ^{cd} ± 0,05	0,21 ^a ± 0,06	1,37 ^{bcd} ± 0,16	0,50 ^{bcd} ± 0,04
M30	1820,00 ^{ab} ± 0,00	286,49 ^a ± 33,33	0,16 ^d ± 0,02	0,18 ^a ± 0,02	1,27 ^{bcd} ± 0,10	0,47 ^{cde} ± 0,02
M40	1738,50 ^{ab} ± 258,09	251,28 ^a ± 10,03	0,15 ^d ± 0,02	0,16 ^a ± 0,01	1,19 ^{cd} ± 0,05	0,45 ^{de} ± 0,01
p-ANOVA	0,00	0,24	0,00	0,14	0,00	0,00

N: Numero total de células; Am: Área celular media; Ar: Razão entre área da célula e área total.

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (0 – 40 % de adição).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, apresentaram diferenças significativas (p < 0,05) de acordo com o teste de Tukey.

Nas secções de massa contendo farinha de amaranto e maca, para todas as formulações com até 30 % de adição e até 40 % de adição de farinha de maca, o número de células foi maior do que o encontrado nas formulações contendo farinha de quinoa, no entanto menor do que na amostra controle. Em contraste, as formulações contendo farinha de quinoa mostraram valores maiores na área média (Am) de 0,40 mm² com 10 % e 0,35 mm² com 20 % e 30 % de adição. Conforme foi incrementada a percentagem de adição das farinhas observou-se diminuição gradativa na área total de células. Esta diminuição foi maior nas formulações contendo farinha de maca (até 251,28 mm² com 40 % de adição).

A razão entre a área da célula e área total expressa a proporção de células na área medida isto é a porosidade relativa (fração vazia) (ŠVEC, HRUŠKOVÁ, 2004). O maior valor desta razão foi encontrado na formulação controle. Comparando os resultados entre as formulações, os valores foram maiores nas amostras contendo farinha de amaranto. Em todas as formulações houve aumento dos valores para os parâmetros perímetro e diâmetro. A adição da farinha de maca influenciou no desenvolvimento de células com perímetro e diâmetro maiores em comparação à formulação controle, no entanto menores em relação às outras formulações.

Como esperado, os resultados mostraram os efeitos deletérios da adição dessas farinhas não-convencionais na estrutura da massa que, devido à diluição da rede glúten pode prejudicar a retenção de gás em vez da produção de gás (AUTIO, LAURIJKAINEN, 1997). Da mesma forma, Yamauchi et al. (2004) observaram que a energia de gaseificação e as propriedades de retenção do gás da massa diminuíram com o aumento da proporção da farinha de arroz. Sob as condições experimentais do estudo, elevados valores para volume específico e área total de células foram encontrados no controle e as formulações contendo 10 % e 20 % de farinha de amaranto ou quinoa. Além disso, com 30 % de adição, a formulação contendo farinha de amaranto apresentou valores mais elevados em relação à amostra com 10 % de adição de farinha de maca. Uma determinação precisa da distribuição do tamanho das células de gás é difícil por causa do limite de detecção do programa de imagem que vai subestimar o número de células de gás pequenas. Isto é porque as células de gás com um diâmetro menor do que a espessura da secção podem não ser necessariamente observadas (AUTIO, LAURIJKAINEN, 1997).

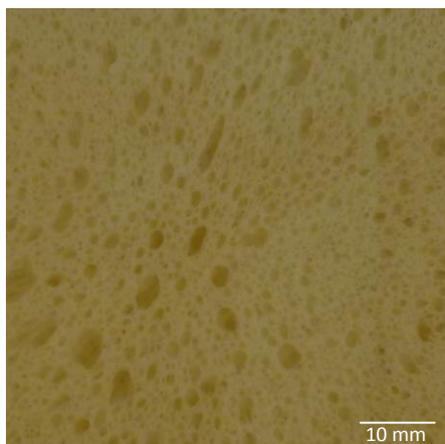


Figura 33 - Imagem da formulação controle obtida após período de fermentação.

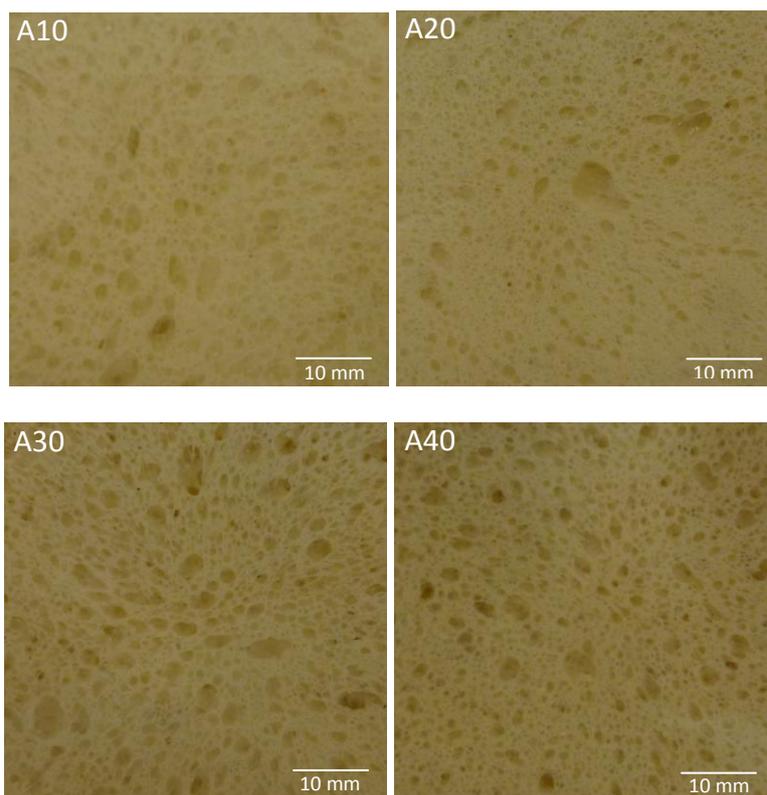


Figura 34 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de amaranto e obtidas após período de fermentação. A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição.

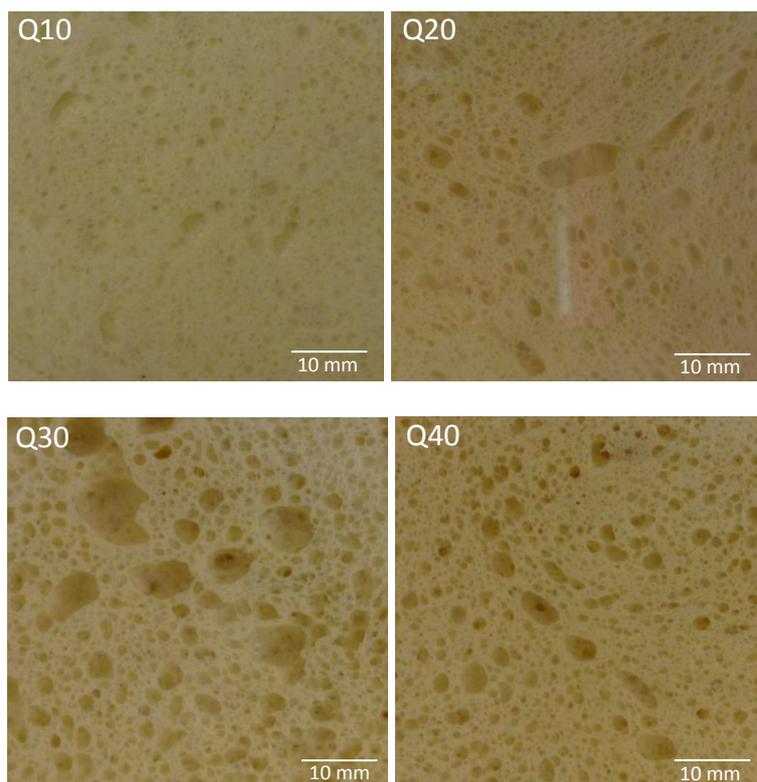


Figura 35 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de quinoa e obtidas após período de fermentação. Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição.

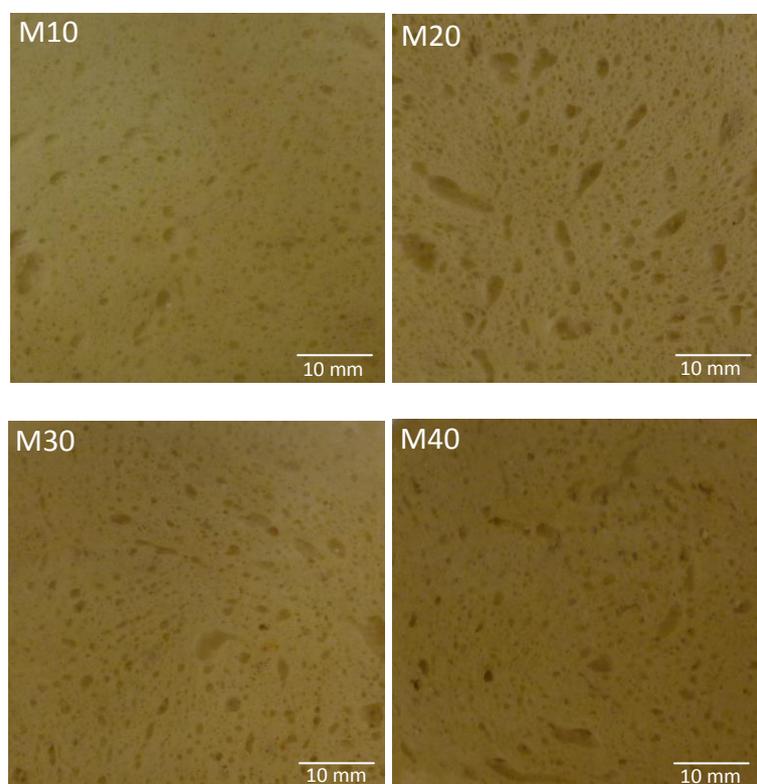


Figura 36 - Imagens das formulações elaboradas com adição de farinha de maca e obtidas após período de fermentação. M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição.

4.4.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As Figuras 37 a 40 são exemplos de imagens obtidas da microestrutura da massa das formulações após o período de fermentação.

As proteínas do glúten presentes na farinha de trigo estão incorporadas nas partículas da farinha juntamente com os outros componentes, principalmente grânulos de amido. A estrutura complexa do glúten é estabilizada pelas ligações dissulfeto, pontes de hidrogênio e ligações hidrofóbicas intermoleculares. As proteínas heterogêneas gluteninas são, aparentemente, responsáveis pela resistência da massa à extensão. Estas propriedades viscoelásticas da matriz de glúten que inclui os grânulos de amido e fragmentos de fibras desempenham um papel importante (ARENDDT, MOORE, 2006).

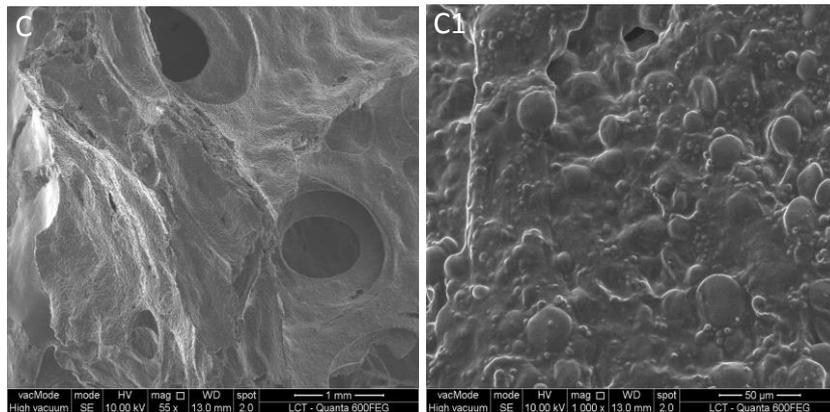


Figura 37 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da massa (formulação controle) após o período de fermentação (aumentos de 55 e 1000x).

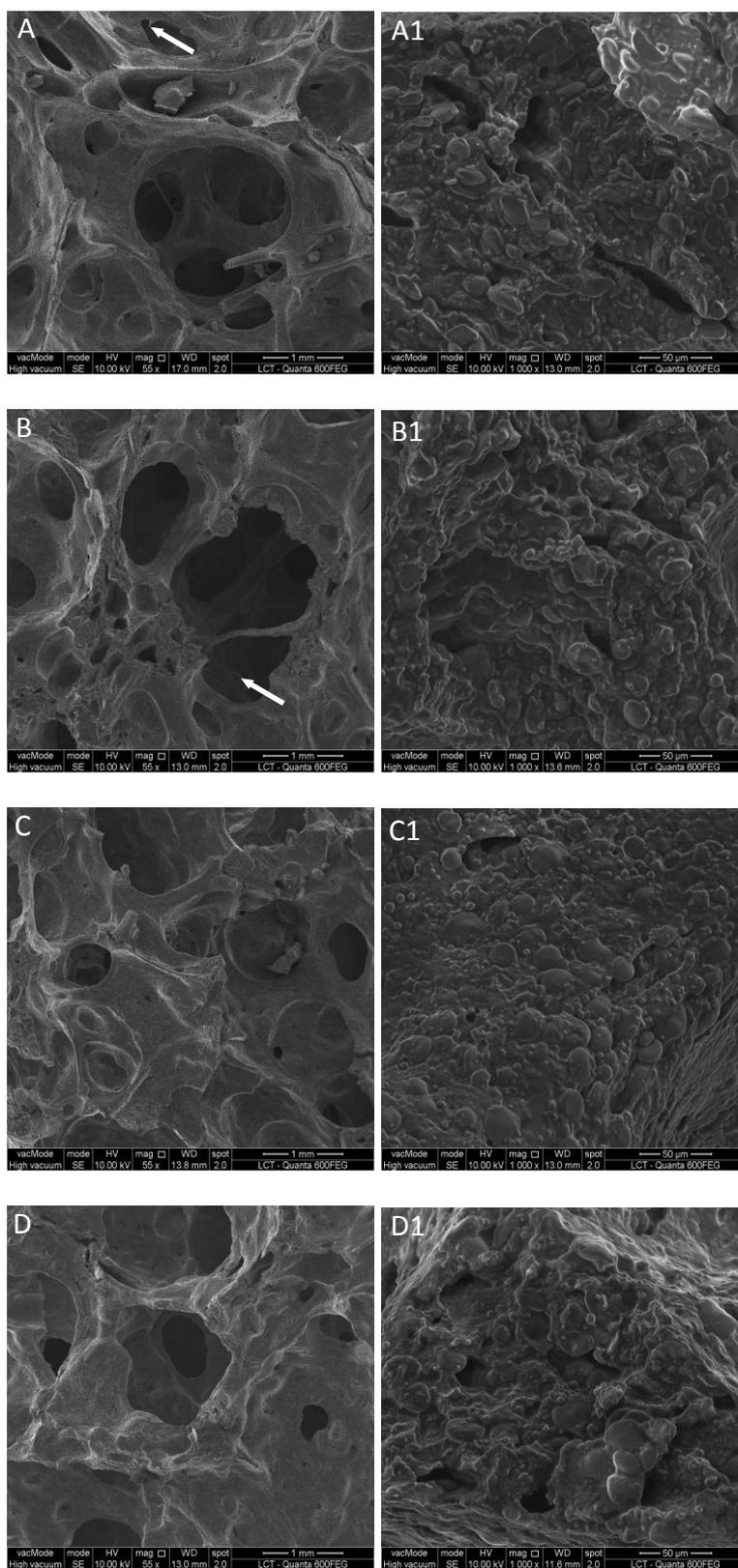


Figura 38 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das formulações com adição de farinha de amaranto. A, A1) 10%; B, B1) 20%; C, C1) 30% e D, D1) 40% de adição. As setas indicam supostas descontinuidades na fase de massa (aumentos de 55 e 1000x).

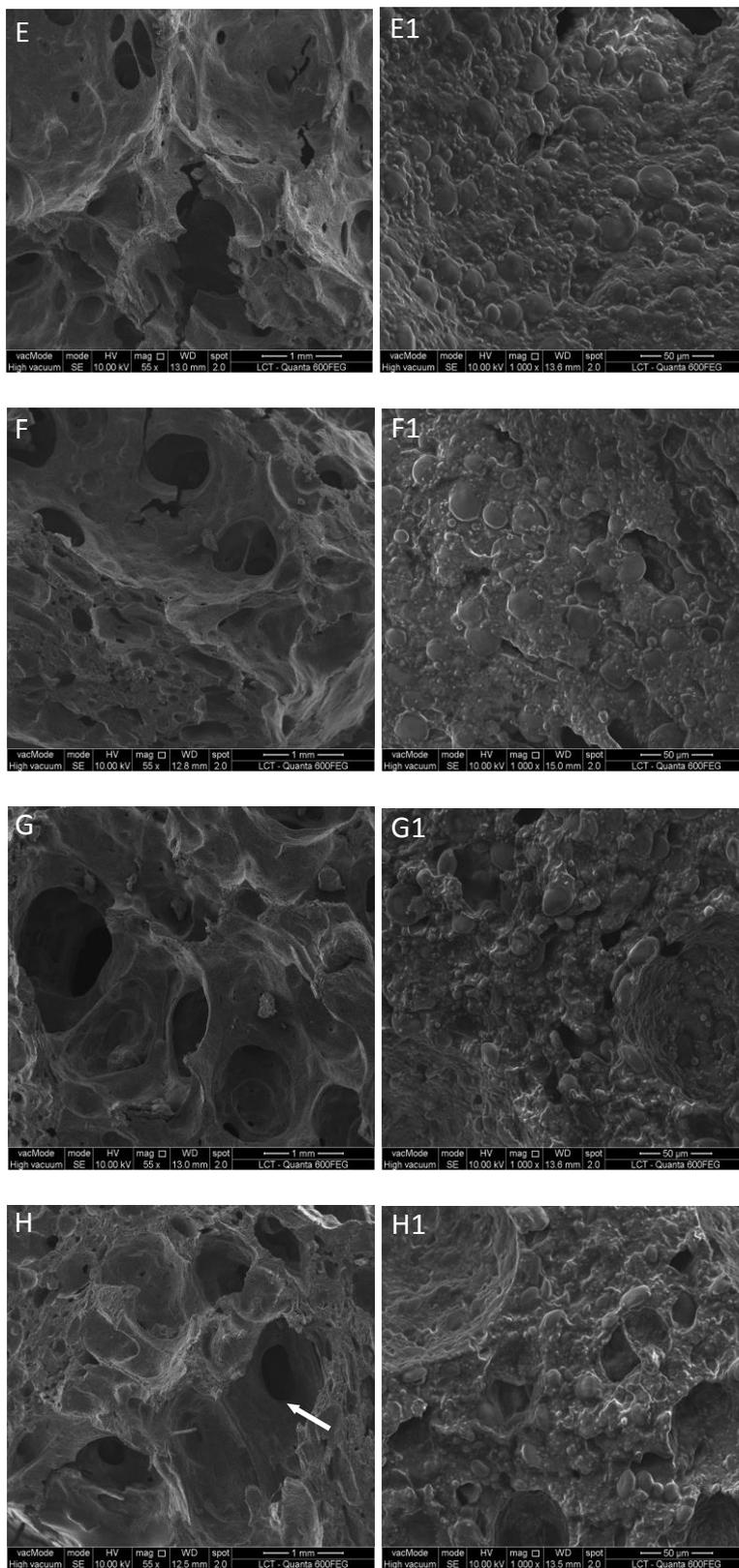


Figura 39 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das formulações com adição de farinha de quinoa. E, E1) 10%; F, F1) 20%; G, G1) 30% e H, H1) 40% de adição. As setas indicam supostas descontinuidades na fase de massa (aumentos de 55 e 1000x).

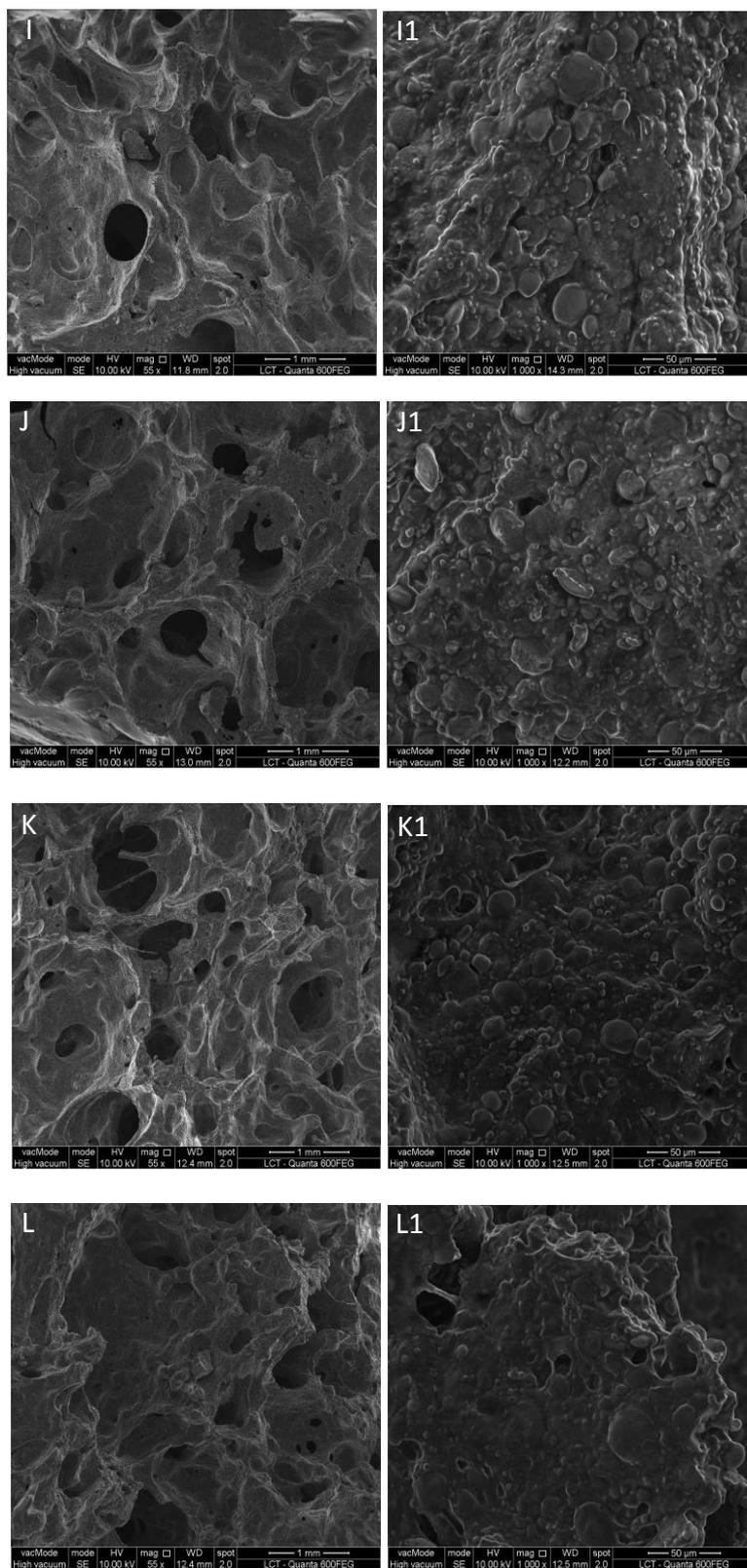


Figura 40 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da massa das formulações com adição de farinha de maca. I, I1) 10%; J, J1) 20%; K, K1) 30% e L, L1) 40% de adição (aumentos de 55 e 1000x).

Após 90 min de fermentação, todas as formulações apresentaram estrutura aberta e com um aumento no número de células de gás de tamanhos intermediários e maiores. Todas as micrografias apresentaram grânulos de amido incorporados em uma estrutura contínua da matriz de proteínas e sólidos solúveis (ARENDETT, MOORE, 2006; BÁRCENAS, ALTAMIRANO-FORTOUL, ROSELL, 2010). A formulação controle (farinha de trigo) revelou uma estrutura com elevada porosidade e com células de gás de baixo perímetro e diâmetro (Figura 37). Com a adição das outras farinhas, as amostras tenderam a produzir células de gás com diferença na distribuição de tamanhos e formas com diâmetros maiores. Além disso, estruturas sugerindo descontinuidades na matriz glúten-amido em torno das células de gás foram evidentes em algumas amostras de massa contendo farinhas de amaranto (10 %, 20 %) e quinoa (40 %) (Figuras 38 e 39) (GAN et al., 1990).

Um aumento na magnificação da superfície das amostras mostra claramente os grânulos de amido de trigo com uma distribuição de tamanho bimodal e com formatos lenticular ou disco (grânulos do tipo A $> 10 \mu\text{m}$) e esférico ou angular (grânulos do tipo B $< 10 \mu\text{m}$) (FENG et al., 2013). Com o aumento na adição de farinha de amaranto, quinoa ou maca, a massa mostra claramente incremento no número de pequenas estruturas que podem indicar a presença de grânulos de amido característicos destas fontes (FENG et al., 2013; MARIOTTI et al., 2009; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008; RONDÁN-SANABRIA, FINARDI-FILHO, 2009). De acordo com Park, Maeda e Morita (2005), a baixa extensibilidade da rede de glúten e/ou a agregação de grânulos de amido pode levar a um baixo volume no produto e endurecimento do miolo.

He e Hosene (1991) relataram que as farinhas de pobre qualidade para panificação incorporam mais ar durante a mistura do que as farinhas de boa qualidade e concluíram que os baixos volumes são resultado de uma maior perda do dióxido de carbono durante a fermentação e estágios iniciais do cozimento. No presente estudo, pôde-se observar que, ao fim do período de fermentação, a massa de farinha de trigo apresentou maior retenção de gás em comparação às misturas de farinha, e ainda mostrou uma estrutura mais homogênea com células de gás com tamanhos e formatos similares, o que pode ser relacionado com a sua maior capacidade para reter o dióxido de carbono. Por outro lado, com o aumento na porcentagem de adição das outras farinhas, além da diminuição do

volume, observou-se a presença de células de gás com menor tamanho, principalmente nas partes laterais, e um gradativo incremento no tamanho das células na parte central da massa fermentada, o qual indicaria a perda de gás nas partes superficiais levando à diminuição do volume da amostra.

4.4.5 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

4.4.5.1 BACK EXTRUSION

A caracterização das variações nos índices de textura (*back extrusion*) sob o efeito da adição das farinhas de amaranto, quinoa ou maca estão descritos na Tabela 23. A análise pode avaliar a qualidade da farinha, formulações, substituição dos ingredientes, a eficiência de aditivos e ingredientes para melhorar a formação e desenvolvimento da massa (BOURNE, 2002).

Os resultados de firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade para a amostra controle (4,29 N, 29,59 N.s., 2,57 N e 23,15 N.s. respectivamente) foram menores aos obtidos nas formulações contendo farinhas de amaranto, quinoa e maca.

O ponto de quebra, que indica a força inicial necessária para a amostra começar a fluir, foi maior para as amostras que contêm farinha de maca. Com o aumento na percentagem de adição de farinha de maca de 10 – 40 %, o ponto de quebra da massa aumentou gradualmente, em média de 1,07 N a 3,92 N. Não foram observadas alterações significativas ($p > 0,05$) no ponto de quebra quando 10 – 40 % de farinhas de amaranto ou quinoa foram adicionados às formulações.

Tabela 23 - Propriedades de textura em formulações com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	Ponto de quebra N	Firmeza N	Consistência N.s	Coesividade N	Índice de viscosidade N.s
Controle	0,64 ^d ± 0,04	4,29 ^s ± 0,14	29,59 ^f ± 1,20	2,57 ^e ± 0,86	23,15 ^e ± 0,88
A10	0,66 ^d ± 0,05	4,52 ^s ± 0,31	32,17 ^{ef} ± 0,73	3,24 ^e ± 0,09	26,02 ^e ± 0,47
A20	0,69 ^d ± 0,01	4,91 ^{fg} ± 0,19	34,14 ^{ef} ± 1,23	3,46 ^e ± 0,18	25,18 ^e ± 0,52
A30	0,63 ^d ± 0,03	4,96 ^{fg} ± 0,15	31,61 ^{ef} ± 0,77	3,36 ^e ± 0,11	24,12 ^e ± 1,24
A40	0,52 ^d ± 0,08	7,67 ^{de} ± 0,39	38,31 ^{ef} ± 5,73	4,65 ^{cd} ± 0,40	24,68 ^e ± 3,23
Q10	0,77 ^d ± 0,12	5,18 ^{fg} ± 0,23	37,53 ^e ± 1,62	4,07 ^{de} ± 0,33	28,04 ^e ± 1,03
Q20	0,80 ^{cd} ± 0,10	5,27 ^{fg} ± 0,21	33,61 ^{ef} ± 0,84	3,60 ^e ± 0,19	27,35 ^e ± 3,79
Q30	0,69 ^d ± 0,12	6,11 ^{ef} ± 0,37	34,76 ^{ef} ± 1,06	3,56 ^e ± 0,15	24,14 ^e ± 0,90
Q40	0,64 ^d ± 0,04	11,34 ^{cd} ± 1,83	40,80 ^e ± 3,44	5,86 ^c ± 0,53	23,91 ^e ± 2,94
M10	1,07 ^c ± 0,04	8,33 ^d ± 1,17	51,18 ^d ± 2,91	5,56 ^c ± 0,41	35,32 ^d ± 1,75
M20	2,08 ^b ± 0,09	10,56 ^c ± 0,73	73,27 ^c ± 0,27	10,61 ^b ± 0,32	42,67 ^c ± 0,94
M30	2,04 ^b ± 0,04	12,33 ^b ± 0,50	93,21 ^b ± 4,23	10,52 ^b ± 0,07	56,34 ^b ± 3,72
M40	3,92 ^a ± 0,47	17,59 ^a ± 0,12	140,12 ^a ± 2,73	14,25 ^a ± 2,60	81,17 ^a ± 4,52

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (0 – 40 % de adição).

Valores médios seguidos de letras diferentes, para cada parâmetro, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

A força máxima, tomada como uma medida de firmeza em termos de quanto maiores os valores, mais firme é a amostra (ANGIOLONI, COLLAR, 2009), foi afetada fortemente pela adição da farinha de maca. Com 10 % de adição, o valor para o parâmetro firmeza foi de 8,33 N e aumentou para 17,59 N quando 40 % de farinha de maca foi adicionada à formulação. Um aumento na firmeza também foi observado com a adição de farinhas de amaranto e quinoa, no entanto, relacionada com a amostra controle (4,29 N), não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) com a adição de 10 % e 20 % de farinhas de amaranto (4,52 N e 4,91 N, respectivamente) ou quinoa (5,18 N e 5,27 N, respectivamente) e 30 % de farinha de amaranto (4,96 N).

Além disso, o enriquecimento da massa com farinha de amaranto, quinoa ou maca causou aumento na consistência. Isso significa que, quanto maior o valor do parâmetro consistência, mais espessa a amostra (ANGIOLONI, COLLAR, 2009). O efeito da adição foi ainda mais pronunciado nas formulações contendo farinha de maca, onde a adição de 10 % resultou em incremento da consistência de 51,18 N.s. Com 40 % de adição os valores aumentaram de forma significativa ($p < 0,05$) com 140,12 N.s em média em relação aos valores obtidos na formulação controle que apresentou média de 29,59 N.s. Da mesma forma, a coesividade e o índice de viscosidade, respectivamente, denotando o trabalho de coesão e viscosidade (AFOAKWA, 2010), mostraram aumento significativo com a adição da farinha de maca. Mesmo com a adição de 10 %, as amostras foram significativamente ($p < 0,05$) mais coesivas e viscosas do que as formulações contendo farinhas de amaranto ou quinoa. Por outro lado, apenas as formulações contendo 40 % de farinha de amaranto (4,65 N) ou quinoa (5,86 N) apresentaram valores de coesividade significativamente elevados, sendo que a variação dos valores para os parâmetros de coesividade e de índice de viscosidade não foram significativos ($p > 0,05$) para as outras formulações com adição destas farinhas.

4.4.5.2 EXTENSIBILIDADE

As características das propriedades de extensibilidade das massas com diferentes níveis de adição de farinhas após o tempo de fermentação são apresentadas na Figura 41.

A extensibilidade, que é fornecida pelas gliadinas e indica a capacidade de extensão da massa durante a fermentação, ou a sua capacidade de se esticar sem quebrar a massa (EDWARDS, 2007, GUTKOSKI, NETO, 2002), foi de 151,89 mm na formulação controle, estatisticamente similar para todas as amostras contendo 10 % de adição de farinha de amaranto, quinoa ou maca (140,50 mm, 151,94 mm e 136,51 mm respectivamente) e 20 % de farinha de maca (134,68 mm).

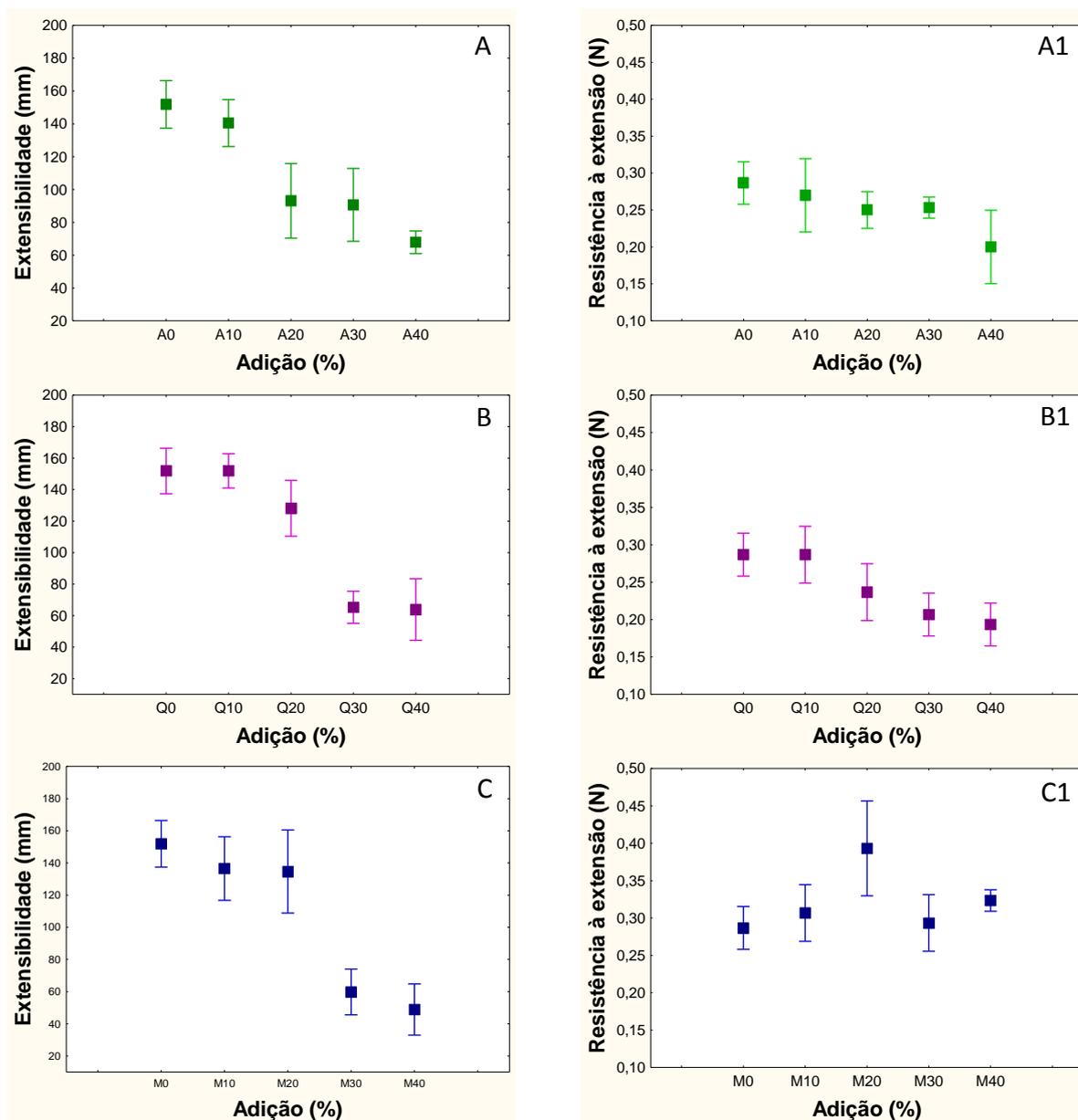


Figura 41 - Extensibilidade (distância em mm) e resistência à extensão (força em N) das formulações de massa de panetone com adição de farinhas de amaranto (A, A1), quinoa (B, B1) ou maca (C, C1).

Com 20 % de adição, a formulação contendo farinha de amaranto apresentou extensibilidade significativamente menor ($p < 0,05$) em relação às formulações contendo farinha de quinoa ou maca. O aumento na adição de 40 % causou redução da extensibilidade das massas onde a formulação contendo farinha de maca apresentou um valor médio de 48,87 mm. Este valor foi próximo do observado na análise extensográfica (valor médio de 51,33 mm - 90 min) (CAPÍTULO 3). Comparando os resultados, as propriedades de alongamento foram consistentes com os obtidos usando o extensógrafo Brabender, onde foi observada uma diminuição gradativa nos valores conforme foi incrementada a percentagem de adição das farinhas.

Os valores obtidos para resistência à extensão mostraram os diferentes efeitos da adição. Como pode ser observado, a adição da farinha de maca provocou aumento na resistência à extensão, enquanto que o incremento na porcentagem de adição das farinhas de amaranto e quinoa levou ao enfraquecimento da massa. Este comportamento era esperado, uma vez que o mesmo foi anteriormente observado no CAPÍTULO 3.

4.4.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Usando a análise de correlação (Tabela 24), uma variedade de coeficientes de correlação significativa (r) (de -0,99 a 0,99) foi obtida para a relação entre os parâmetros obtidos a partir das diferentes análises nas massas fermentadas.

As principais correlações se apresentaram entre as medições do volume específico, cor, as áreas das células de gás, e incluindo os parâmetros de firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade.

Tabela 24 - Coeficientes de correlações significativas ($p < 0,05$) determinadas para relações entre os parâmetros físicos e reológicos em formulações contendo farinha de amaranto, quinoa e maca em 0 - 40% de adição

Parâmetro	Volume específico	Densidade	L*	a*	b*	h_{ab}	C^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	Área total	N	Am	Ar	Perímetro	Ponto de quebra	Firmeza	Consistência	Coabilidade	Índice de viscosidade
Densidade	-0,992																	
L*	0,912	-0,944																
a*	-0,958	0,976	-0,983															
b*	-0,892	0,898	-0,802	0,879														
h_{ab} (graus)	0,661	-0,598	ns	-0,617	-0,628													
C^*_{ab}	-0,960	0,972	-0,931	0,978	0,961	-0,651												
ΔE^*_{ab}	-0,931	0,959	-0,997	0,993	0,839	-0,560	0,953											
Área total	0,918	-0,937	0,928	-0,945	-0,864	0,570	-0,937	-0,942										
N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Am	ns	-0,596	0,667	-0,656	ns	ns	-0,594	-0,654	ns	-0,829								
Ar	0,918	-0,937	0,928	-0,945	-0,864	0,570	-0,937	-0,942	ns	ns								
Perímetro	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,887	0,913							
Diâmetro	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,929	0,879	ns	0,982					
Ponto de quebra	-0,788	0,833	-0,916	0,906	0,783	ns	0,875	0,916	-0,874	ns	-0,682	-0,874	-0,597					
Firmeza	-0,931	0,936	-0,913	0,944	0,894	-0,572	0,951	0,931	-0,883	ns	-0,556	-0,883	ns	0,870				
Consistência	-0,859	0,901	-0,965	0,953	0,824	ns	0,921	0,965	-0,914	ns	-0,678	-0,914	-0,564	0,983	0,920			
Coabilidade	-0,917	0,938	-0,943	0,961	0,857	ns	0,943	0,950	-0,911	ns	-0,665	-0,911	ns	0,948	0,942	0,966		
Í. de viscosidade	-0,804	0,856	-0,948	0,923	0,790	ns	0,887	0,945	-0,891	ns	-0,673	-0,891	-0,572	0,982	0,875	0,993	0,938	
Resistência	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,597	ns	ns	0,599	ns	ns	0,588	0,527
Extensibilidade	0,664	-0,643	0,571	-0,608	ns	0,574	-0,596	-0,595	0,641	ns	ns	0,641	ns	ns	-0,595	ns	ns	ns

N: número total de células; Am: área celular média; Ar: razão entre área da célula e área total; h_{ab} : tonalidade; C^*_{ab} : croma/saturação; ΔE^*_{ab} : diferenças de cor; ns: não significativo.

A diminuição no volume específico apresentou elevada relação com a perda da luminosidade ($r = -0,99$) e aumento nas diferenças de cor (ΔE^*_{ab}) ($r = -0,93$), aumento da firmeza ($r = -0,93$), consistência ($r = -0,86$) e coesividade da massa ($r = -0,92$). A diminuição do volume específico também esteve relacionada à diminuição da área total ($r = 0,92$) e Ar ($r = 0,92$) das células de gás nas massas das formulações. Por sua vez, perímetro e diâmetro mostraram correlação positiva entre si ($r = 0,98$) e estas correlação negativa com o N ($r = -0,89$ e $r = -0,93$, respectivamente), mostrando que com o aumento de ambos os parâmetros, houve diminuição no número total de células de gás.

A análise mostra elevada relação positiva entre os parâmetros consistência, coesividade e índice de viscosidade e de estes com a densidade, C^*_{ab} , ΔE^*_{ab} , ponto de quebra e firmeza. Estes parâmetros também apresentaram elevada relação com a diminuição do volume específico ($r = -0,86$, $r = -0,92$ e $r = -0,80$, respectivamente), área total ($r = -0,91$, $r = -0,91$ e $r = -0,89$, respectivamente) e Ar ($r = -0,91$, $r = -0,91$ e $r = -0,89$, respectivamente). A relação da extensibilidade com o volume específico ($r = 0,66$) indica que com a diminuição nos valores deste parâmetro houve também diminuição do volume das massas das formulações.

Essas correlações são justificadas pelas transformações estruturais que ocorrem neste tipo de material.

4.5 CONCLUSÕES

- Após período de fermentação, os resultados das análises mostraram que quanto maior a substituição da farinha de trigo, maior a perda do volume específico para todas as formulações. No entanto, a adição de 10 % e 20 % das farinhas de amaranto e quinoa não afetou significativamente o volume das amostras.
- A adição das farinhas favoreceu o escurecimento devido à diminuição dos valores de L^* e aumento de a^* , b^* e C^*_{ab} . Além disso, os valores de diferença de cor (ΔE^*_{ab}) indicaram que a adição de 40 % de farinhas de amaranto e quinoa e 10 % – 40 % de farinha de maca tiveram maior efeito sobre a cor.
- As análises de imagem demonstraram que o aumento na adição das farinhas interferiu nas características estruturais da massa, com redução do número total de células, da área total de células e da razão entre área da célula e área total.
- As propriedades de textura das massas foram alteradas principalmente pela adição da farinha de maca, com aumento da firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade.
- Houve diminuição da resistência e extensibilidade nas formulações com adição de farinha de amaranto e quinoa e aumento da resistência nas formulações com adição de farinha de maca.
- As correlações obtidas entre os comportamentos das misturas de massa de farinha de trigo com adição das farinhas de amaranto, quinoa e maca e as suas propriedades físicas e reológicas, mostrou que o incremento na porcentagem de adição causou a formação de estruturas de massa mais firmes, consistentes, coesas e viscosas, o que resultou numa diminuição do volume, mudanças na estrutura das massas e aumento nas diferenças de cor.
- Os resultados obtidos a partir do volume, cor, estrutura, juntamente com os resultados da análise de *back extrusion* e extensibilidade, indicaram que as formulações que contêm adição de 10 % e 20 % de farinhas de amaranto e quinoa e mesmo 30 % de farinha de amaranto poderiam ser aproveitadas para a produção

de panetones enriquecidos, sendo que mostraram características próximas às observadas na formulação controle (farinha de trigo).

- Nas formulações enriquecidas com farinha de maca, a adição influenciou significativamente as propriedades físico-químicas e reológicas da massa. Entretanto, os melhores resultados foram obtidos com 10% de adição desta farinha.

4.6 REFERÊNCIAS

AFOAKWA, E.O. Structure – properties (rheology, texture and melting) relationships in chocolate manufacture. In: _____. **Chocolate science and technology**. 2.ed. Chichester: John Willey, 2010. cap.7, p.101-154.

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Small and large deformation viscoelastic behaviour of selected fibre blends with gelling properties. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.3, p.742-748, 2009.

AQUINO, V.C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaborados a partir de diferentes processos fermentativos**. São Paulo, 2012. 87p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

ARENDET, E.K.; MOORE, M.M. Gluten-free cereal-based products. In: HUI, Y.H.; CORKE, H.; DE LEYN, I.; NIP, W.-K.; CROSS, N., eds. **Bakery products: science and technology**. Ames: Blackwell Publishing, 2006. cap.27, p.471-495.

ATTENBURROW, G.; BARNES, D.J.; DAVIES, A.P.; INGMAN, S.J. Rheological properties of wheat gluten. **Journal of Cereal Science**, v.12, n.1, p.1-14, 1990.

AUTIO, K.; LAURIKAINEN, T. Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, n.6, p.181-185, 1997. [Review].

BÁRCENAS, M.E.; ALTAMIRANO-FORTOUL, R.; ROSELL, C.M. Effect of high pressure processing on wheat dough and bread characteristics. **LWT – Food Science and Technology**, v.43, n.1, p.12-19, 2010.

BELLIDO, G.G.; SCANLON, M.G.; PAGE, J.H. Measurement of dough specific volume in chemically leavened dough systems. **Journal of Cereal Science**, v.49, n.2, p.212-218, 2009.

BENEJAM, W.; STEFFOLANI, M.E.; LEÓN, A.E. Use of enzyme to improve the technological quality of a panettone like baked product. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, n.12, p.2431-2437, 2009.

BIANCHI, A. Maca: *Lepidium meyenii*. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v.2, n.3, p.30-36, 2003.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427p. (Food Science and Technology International Series).

CAUVAIN, S.P. Breadmaking processes. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S., eds. **Technology of breadmaking**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. p.18-44.

CAVANAGH, C.R.; TAYLOR, J.; LARROQUE, O.; COOMBES, N.; VERBYLA, A.P.; NATH, Z.; KUTTY, I.; RAMPLING, L.; BUTOW, B.; RAL, J.P.; TOMOSKOZI, S.; BALAZS, G.; BÉKÉS, F.; MANN, G.; QUAIL, K.J.; SOUTHAN, M.; MORELL, M.K.; NEWBERRY, M. Sponge and dough bread making: genetic and phenotypic relationships

with wheat quality traits. **Theoretical and Applied Genetics**, v.121, n.5, p.815-828, 2010.

CHAUHAN, G.S.; ZILLMAN, R.R.; ESKIN, N.A.M. Dough mixing and breadmaking properties of quinoa-wheat flour blends. **International Journal of Food Science and Technology**, v.27, n.6, p.701-705, 1992.

DOBRASZCZYK, B.J.; MORGENSTERN, M.P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.3, p.229-245, 2003. [Review].

EDUARDO, M.F.; LANNES, S.C.S. Use of texture analysis to determine compaction force of powders. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.2, p.568-572, 2007.

EDWARDS, W.P. **The science of bakery products**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2007. 273p.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. 349p. (Série tecnologia agroindustrial n.6).

FENG, N.; HE, Z.; ZHANG, Y.; XIA, X.; ZHANG, Y. QTL mapping of starch granule size in common wheat using recombinant inbred lines derived from a PH82-2/Neixiang 188 cross. **Crop Journal**, v.1, n.2, p.166-171, 2013.

GAN, Z.; ANGOLD, R.E.; WILLIAMS, M.R.; ELLIS, P.R.; VAUGHAN, J.G.; GALLIARD, T. The microstructure and gas retention of bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.12, n.1, p.15-24, 1990.

GONÇALVES, E.V.; LANNES, S.C.S. Chocolate rheology: a review. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.4, p.845-851, 2010.

GONÇALVES, E.V. **Desenvolvimento e caracterização reológica de formulações especiais de fondue de chocolate**. São Paulo, 2011. 76p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

GUTKOSKI, L.C.; NETO, R.J. Procedimento para teste laboratorial de panificação - pão tipo forma. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p.873-879, 2002.

HE, H.; HOSENEY, R.C. Differences in gas retention, protein solubility, and rheological properties between flours of different baking quality. **Cereal Chemistry**, v.68, n.5, p.526-530, 1991.

KIEFFER, R.; WIESER, H.; HENDERSON, M.H.; GRAVELAND, A. Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. **Journal of Cereal Science**, v.27, n.1, p.53-60, 1998.

KISKINI, A.; ARGIRI, K.; KALOGEROPOULOS, M.; KOMAITIS, M.; KOSTAROPOULOS, A.; MANDALA, I.; KAPSOKEFALOU, M. Sensory characteristics and iron dialyzability of gluten-free bread fortified with iron. **Food Chemistry**, v.102, n.1, p.309-316, 2007.

LAI, H.-M.; LIN, T.-C. Bakery products. In: HUI, Y.H., ed. **Handbook of food science, technology, and engineering**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006. v.4, cap.148, p.148.1–148.50. (Food science and technology, 148).

MANN, G.; ALLEN, H.; MORELL, M.K.; NATH, Z.; MARTIN, P.; OLIVER, J.; CULLIS, B.; SMITH, A. Comparison of small-scale and large-scale extensibility of dough produced from wheat flour. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.56, n.12, p.1387-1394, 2005.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M.A.; NG, P.K.W. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, v.42, n.8, p.963-975, 2009.

MATUDA, T.G.; CHEVALLIER, S.; PESSÔA FILHO, P.A.; LeBAIL, A.; TADINI, C.C. Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.3, p.741-746, 2008.

MEDEIROS, M.L.; LANNES, S.C.S. Compaction force of cocoa and cocoa substitutes using texture analyzer. In: EFFOST/EHEDG Joint Conference 2007-Practical application of research results Foods New Options for the industry, 2007, Lisboa. Preceedings-Food-New options for the industry –**EFFOST-EHEDG Joint Conference 2007**. Oxford: Elsevier, 2007.

MILLIATI, M.C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. São Paulo, 2013. 107p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

NASH, D.; LANNING, S.P.; FOX, P.; MARTIN, J.M.; BLAKE, N.K.; SOUZA, E.; GRAYBOSCH, R.A.; GIROUX, M.J.; TALBERT, L.E. Relationship of dough extensibility to dough strength in a spring wheat cross. **Cereal Chemistry**, v.83, n.3, p.255-258, 2006.

OSORIO, F.A.; STEFFE, J.F. Evaluating Herschel-Bulkley fluids with the back extrusion (annular pumping) technique. **Rheologica Acta**, v.30, n.6, p.549-558, 1991.

PARK, S.H.; MAEDA, T.; MORITA, N. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, v.52, n.4, p.337-343, 2005.

PLESSAS, S.; ALEXOPOULOS, A.; MANTZOURANI, I.; KOUTINAS, A.; VOIDAROU, C.; STAVROPOULOU, E.; BEZIRTZOGLU, E. Application of novel starter cultures for sourdough bread production. **Anaerobe**, v.17, n.6, p.486-489, 2011.

POITRENAUD, B. Baker's yeast. In: HUI, Y.H.; MEUNIER-GODDIK, L.; HANSEN, O.S.; JOSEPHSEN, J.; NIP, W.-K.; STANFIELD, P.S.; TOLDRÁ, F., eds. **Handbook of food and beverage fermentation technology**. New York: Marcel Dekker, 2004. cap.39, p.695-720. (Food Science and Technology, 134).

PYLER, E.J.; GORTON, L.A., eds. **Baking science & technology**. 4.ed. Kansas City: Sosland Publishing, 2008. 772p. [v.1. Fundamental and Ingredients].

RIOS, R.V. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos**. São Paulo, 2014. 131p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

RONDÁN-SANABRIA, G.G.; FINARDI-FILHO, F. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.492-498, 2009.

SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A.; DOMINGO, M.V.; MAYA, S.; SALDAÑA, C. Amaranth flour blends and fractions for baking applications. **Journal of Food Science**, v.50, n.3, p.789-794, 1985.

SCANLON, M.G.; ZGHAL, M.C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v.34, n.10, p.841-864, 2001.

SCHOENLECHNER, R.; DRAUSINGER, J.; OTTENSCHLAEGER, V.; JURACKOVA, K.; BERGHOFER, E. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.65, n.4, p.339-349, 2010.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E.K.; BELLO, F.D., eds. **Gluten-free cereal products and beverages**. Boston: Academic Press, 2008. cap.7, p.149-190. (Food science and technology).

SILVA, Jr., E. **Formulações especiais para sorvete**. São Paulo, 2008. 133p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

SU, F. **Comportamento estrutural de formulações de gelado comestível com variações da base gordurosa**. São Paulo, 2011. 114p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

ŠVEC, I.; HRUŠKOVÁ, M. Image data of crumb structure of bread from flour of Czech spring wheat cultivars. **Czech Journal of Food Sciences**, v.22, n.4, p.133-142, 2004.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, n.4, p.215-225, 2002.

VERNAZA, M.G.; GULARTE, M.A.; CHANG, Y.K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.

YAMAUCHI, H.; NODA, T.; MATSUURA-ENDO; TAKIGAWA, S.; SAITO, K.; ODA, Y.; FUNATSUKI, W.; IRIKI, N.; HASHIMOTO, N. Bread-making quality of wheat/rice flour blends. **Food Science and Technology Research**, v.10, n.3, p.247-253, 2004.[Technical paper].

CAPÍTULO 5: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE PANETONE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMARANTO (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.), QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA* W.) OU MACA (*LEPIDIUM MEYENII* W.)

RESUMO

As propriedades físico-químicas e sensoriais de massas assadas de panetone preparadas a partir de farinha de trigo e misturas com farinhas dos pseudocereais amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e raiz de maca (*Lepidium meyenii* W.) (com 0, 10, 20, 30 e 40 % de adição) foram investigadas neste capítulo. Os resultados obtidos indicaram um aumento do teor de cinzas, lipídeos e proteínas. No miolo a cor foi influenciada pelo nível de adição das farinhas, com maior escurecimento. A análise de imagem mostrou uma diminuição da área total de células e aumento no número de células de menor tamanho em amostras com adição de farinha de maca e amaranto. Houve incremento dos valores de firmeza e mastigabilidade do miolo principalmente nas formulações com 20 % a 40 % de adição de farinha de maca. As formulações com adição de 10 % de farinha de maca, 10 e 20 % de farinha de amaranto ou quinoa e 30 % de farinha de amaranto, apresentaram volume, altura, cor e firmeza próximos à formulação controle. Ao longo do período de armazenamento, essas amostras também apresentaram valores firmeza e mastigabilidade próximos ao controle. A análise sensorial indicou que o produto elaborado com adição de 30 % de farinha de amaranto mostrou maior aceitabilidade ($p < 0,05$) apresentando a melhor intenção de compra pelos consumidores (35 % - talvez comprasse ou talvez não comprasse e 27,5 % - provavelmente compraria). No entanto, a amostra com adição de 20 % de farinha de quinoa apresentou a menor aceitabilidade e intenção de compra, devido principalmente ao sabor apresentado (descrito como amargo), indicando que uma substituição em menor porcentagem melhoraria a aceitabilidade do produto.

Palavras-chave: massa assada, vida de prateleira, análise sensorial.

ABSTRACT

In this chapter, the physico-chemical and sensory properties of panetone baked doughs prepared from wheat flour and blends with pseudocereals amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and maca root (*Lepidium meyenii* W.) (0, 10, 20, 30 and 40% addition) were investigated. Results indicated an increase in ash, protein and lipids percentages. The crumb color was influenced by the level of addition of flours with increased darkening. The image analysis showed a decrease in total cell area and an increased number of smaller cells in samples with addition of maca and amaranth flours. There was an increase in firmness and chewiness values of the crumb mainly in the formulations with 20 % to 40 % of maca flour addition. Formulations with addition of 10 % maca flour, 10 % and 20 % amaranth or quinoa flours and 30 % amaranth flour showed volume, height, color and firmness close to the control. During the storage period, these samples also showed firmness and chewiness values close to the control. Sensory analysis indicated that the product prepared with addition of 30 % amaranth flour showed the best acceptability ($p < 0.05$) and purchase intention by consumers (35 % - may buy or may not buy, and 27, 5 % - would probably buy). However, the sample with addition of 20 % quinoa flour showed the lowest acceptability and purchase intention mainly due to the taste presented (described as bitter), indicating that a substitution in percentages lower than 20 % would improve the acceptability of the product.

Key-words: baked dough; shelf life; sensorial analysis.

5.1 INTRODUÇÃO

A relação entre alimentação e saúde tem apresentado um impacto crescente na inovação de alimentos, devido à popularidade do conceito de alimento funcional. O conceito geral de alimentos funcionais envolve a prática de usar conhecimentos de nutrição ao nível de produtos alimentares para melhorar a saúde do consumidor (PERESSINI, SENSIDONI, 2009). Atualmente, a maioria dos produtos de panificação são utilizados como fonte para a incorporação de diferentes ingredientes de elevado valor nutricional para a sua diversificação, tornando-os fontes de minerais, vitaminas, proteínas, fibras alimentares, entre outros.

Os pseudocereais amaranto (*Amaranthus caudatus*) e quinoa (*Chenopodium quinoa*) têm atraído grande interesse devido ao seu conteúdo de proteínas de boa qualidade, fibra alimentar, lipídios ricos em gorduras insaturadas, minerais e vitaminas e quantidades significativas de outros componentes bioativos, tais como saponinas, fitosteróis, esqualeno, polifenóis, entre outros (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010b; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009). Diversas pesquisas evidenciam os efeitos positivos da adição dos pseudocereais amaranto e quinoa na alimentação. A maca (*Lepidium meyenii*) é considerada um alimento de elevado valor nutricional devido a que possui alto conteúdo de proteínas com elevado teor de aminoácidos essenciais, quando comparado com outras tuberosas como batata e cenoura. Além disso, a maca apresenta elevado teor de carboidratos, fibras, e minerais (DINI et al., 1994).

Estas culturas apresentam valores nutricionais elevados e, portanto, a sua incorporação na dieta não só poderia adicionar variedade, mas também melhorar a sua qualidade nutricional (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010). Tanto o amaranto como a quinoa têm sido amplamente utilizados na elaboração de produtos panificados com o objetivo de melhorar o valor nutritivo (ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009; ENRIQUEZ et al., 2003; LORENZ, COULTER, JOHNSON, 1995; TOSI et al, 2002). Diversos autores têm estudado o efeito da adição destes pseudocereais, em diferentes níveis de adição, sobre as propriedades físico-químicas e reológicas de produtos panificados. Lorenz, Coulter e Johnson (1995) avaliaram pães com até 30 % de adição de farinha de quinoa e observaram boa qualidade em produtos elaborados com até 10 % de substituição da farinha de trigo. Chauhan, Zillman e Eskin (1992) e Enriquez e

colaboradores (2003) observaram boas propriedades em pães com adição de até 10 % de farinha de quinoa. Rosell, Cortez e Repo-Carrasco (2009) observaram que com 50 % de adição de farinha de amaranto, as amostras apresentaram boa aceitabilidade. Pouca informação foi encontrada em relação ao uso de maca em processos de panificação. Recentemente, Puoci et al. (2013) apresentaram um trabalho avaliando o efeito da adição de 5 a 20 % da farinha de maca na elaboração de pães. As amostras foram caracterizadas quanto ao seu valor funcional para destacar as propriedades antioxidantes e biológicas. No entanto, não foi realizada a avaliação das propriedades físicas, assim como a análise sensorial para determinar a quantidade aceitável para o consumidor.

5.1.1 TEXTURA

A estrutura celular dos alimentos, tanto em macro (porosidade e densidade relativa) e micro (espessura da parede celular, diâmetro da célula, e as suas distribuições) escala influencia as propriedades mecânicas do produto, o que determina a percepção sensorial (SOZER, DOGAN, KOKINI, 2011). A textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e de superfície dos alimentos detectados através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia (SZCZESNIAK, 2002; ROSENTHAL, 2001).

A classificação em termos de textura para os sólidos e semi-sólidos deu origem a um método de descrição do perfil de textura (TPA) aplicável a ambas as medições instrumentais e sensoriais. Com este método instrumental, o perfil de textura envolve a compressão da substância de ensaio, pelo menos, duas vezes e quantifica os parâmetros mecânicos das curvas força-deformação registadas (Figura 42) (SZCZESNIAK, 2002; CAUVAIN, 2009).

A textura apresenta associações de qualidade devido a que é um indicativo de frescor na preparação dos alimentos. A aceitação de alimentos aerados tais como pães e bolos esta fortemente relacionada com a textura do produto (SZCZESNIAK, 2002; SOZER, DOGAN, KOKINI, 2011).

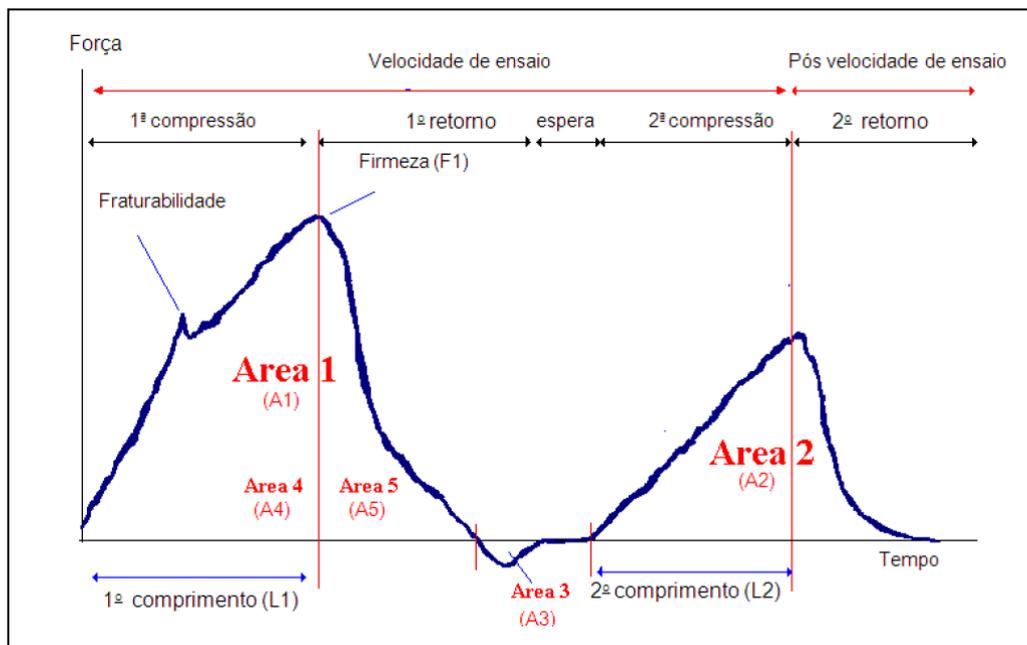


Figura 42 - Modelo de gráfico obtido no teste de Análise do Perfil de Textura (TPA). Firmeza: F1; Coesividade: $A2/A1$; Gomosidade: $(F1) \cdot (A2/A1)$; Elasticidade: $L2/L1$; Adesividade: ghj A3; Mastigabilidade: $(Gomosidade) \cdot (L2/L1)$; Resiliencia: $A5/A4$. Fonte: Modificado de *Stable Micro Systems* (2011).

5.1.2 VIDA DE PRATELEIRA (*SHELF-LIFE*)

Produtos de panificação são alimentos percíveis que sofrem severas alterações físicas, físico-químicas, sensoriais e microbianas durante o armazenamento. O processo de envelhecimento começa no momento em que o produto é removido do forno, e torna-se sensorialmente detectável em 1 – 2 dias. A perda, dependente do tempo, em termos de qualidade de sabor e textura é geralmente descrito como endurecimento (TORRIERI et al., 2014; SZCZESNIAK, 1998).

Do ponto de vista sensorial, o envelhecimento reduz a recuperação elástica e suavidade do miolo e aumenta a sua friabilidade e a secura na boca. O endurecimento e redução da elasticidade são detectáveis instrumentalmente. Do ponto de vista físico, o envelhecimento no miolo reflete as seguintes alterações: aumento da firmeza, friabilidade, e cristalinidade do amido; e diminuição da capacidade de absorção,

susceptibilidade do amido ao ataque enzimático, e teor de amido solúvel, e o produto perde fragrância, podendo assumir um sabor rançoso (SZCZESNIAK, 1998; TORRIERI et al., 2014). Esses fenômenos físicos e químicos são consequência da retrogradação dos grânulos de amido gelatinizadas durante o cozimento, o intercâmbio de umidade entre amido e proteínas, o aumento na interação entre a fração de proteínas e o amido, a redistribuição da água no produto e a remoção de moléculas aromáticas (TORRIERI et al., 2014)

O envelhecimento do pão é provavelmente a deterioração estrutural induzida pelo armazenamento mais pesquisado por causa do alto impacto econômico. Apesar de não ter um componente de sabor, o efeito do envelhecimento na aceitação do consumidor é orientado à textura (SZCZESNIAK, 1998).

5.2 OBJETIVOS

▪ OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adição das farinhas de amaranto, quinoa ou maca nas propriedades físicas e físico-químicas de massas assadas de panetone e determinar seu impacto na aceitabilidade e intenção de compra do produto acabado.

▪ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as amostras quanto a suas propriedades físico-químicas (composição centesimal, volume, altura, pH, atividade de água, cor, porosidade do miolo) e reológicas (textura).
- Avaliar a textura e perda da umidade durante o período de armazenamento.
- Identificar as proporções entre os três tipos de farinhas que possibilitem a aceitabilidade do produto.
- Avaliar o impacto da adição das farinhas sobre a aceitação e intenção de compra pelo consumidor.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 INGREDIENTES

Farinhas comerciais de trigo (Bunge, São Paulo, Brasil), amaranto, quinoa e maca (SerLeve, São Paulo, Brasil) foram utilizadas. Foram cedidas pelos fabricantes amostras dos aditivos de panificação DIMODAN PH 300-A e PANODAN 20 e GRINDAMYL MAX-LIFE 25 (Danisco Brasil Ltda., Cotia, Brasil), da gordura PROPAN 00LT e margarina PROBISC 80 (Bunge, São Paulo, Brasil), glúten seco (Roquette Freres, França) e de aromas líquidos (panetone, laranja, baunilha, margarina, Grasse Aromas, Brasil). Os demais ingredientes: fermento biológico seco instantâneo (Fleishman), ovo desidratado (Cooperovos, Brasil), açúcar refinado, sal, leite em pó integral, uva passa e frutas cristalizadas foram adquiridos no mercado local. A adição de uva passa e frutas cristalizadas foi realizada unicamente nas amostras selecionadas para análise sensorial.

5.3.2 PROCESSAMENTO

A Tabela 25 apresenta as formulações utilizadas e a Figura 43 mostra o fluxograma do processamento do produto. Após o processo de mistura (Amassadeira espiral, 15 kg, FERRI/Camargo & Gomiero, Brasil), cerca de 80 g de massa foram colocadas em formas próprias para mini-panetone, fermentadas em câmara climática (Nova Ética Ind., Com. e Serviços, Brasil), a 28 °C x 75 % UR x 90 min. e assadas a 180°C por 45 min em forno elétrico do tipo estacionário pré-aquecido (modelo 11-75, LAYR, Brasil). As massas assadas de panetone foram retiradas, resfriadas por duas horas até temperatura ambiente, colocadas em embalagens de filme flexível (polietileno) e armazenadas a 20 °C e 60 % UR até as análises. Foram preparadas 21 amostras de cada tratamento em uma única batelada.

Tabela 25 - Ingredientes utilizados para a elaboração das massas de panetone

Ingredientes (%)	Tratamentos*				
	0%	10%	20%	30%	40%
Esponja					
Farinha de trigo	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Água	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Açúcar refinado	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Fermento biológico seco instantâneo	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Emulsificante	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gordura	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Massa					
Farinha de trigo	40,00	30,00	20,00	10,00	-
Água	24,65	24,65	24,65	24,65	24,65
Açúcar refinado	25,48	25,48	25,48	25,48	25,48
Fermento biológico seco instantâneo	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Margarina	10,61	10,61	10,61	10,61	10,61
Emulsificante	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Glúten seco	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Enzima**	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Farinha: amaranto/quinoa/maca	-	10,0	20,0	30,0	40,0
Ovo	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40
Leite em pó	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
Sal	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Aromas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Passas e frutas cristalizadas***	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00

*Referencia a 100 g de farinha.

**Enzima não foi utilizada nas formulações contendo farinha de maca.

***Adicionadas nos produtos destinados à análise sensorial.

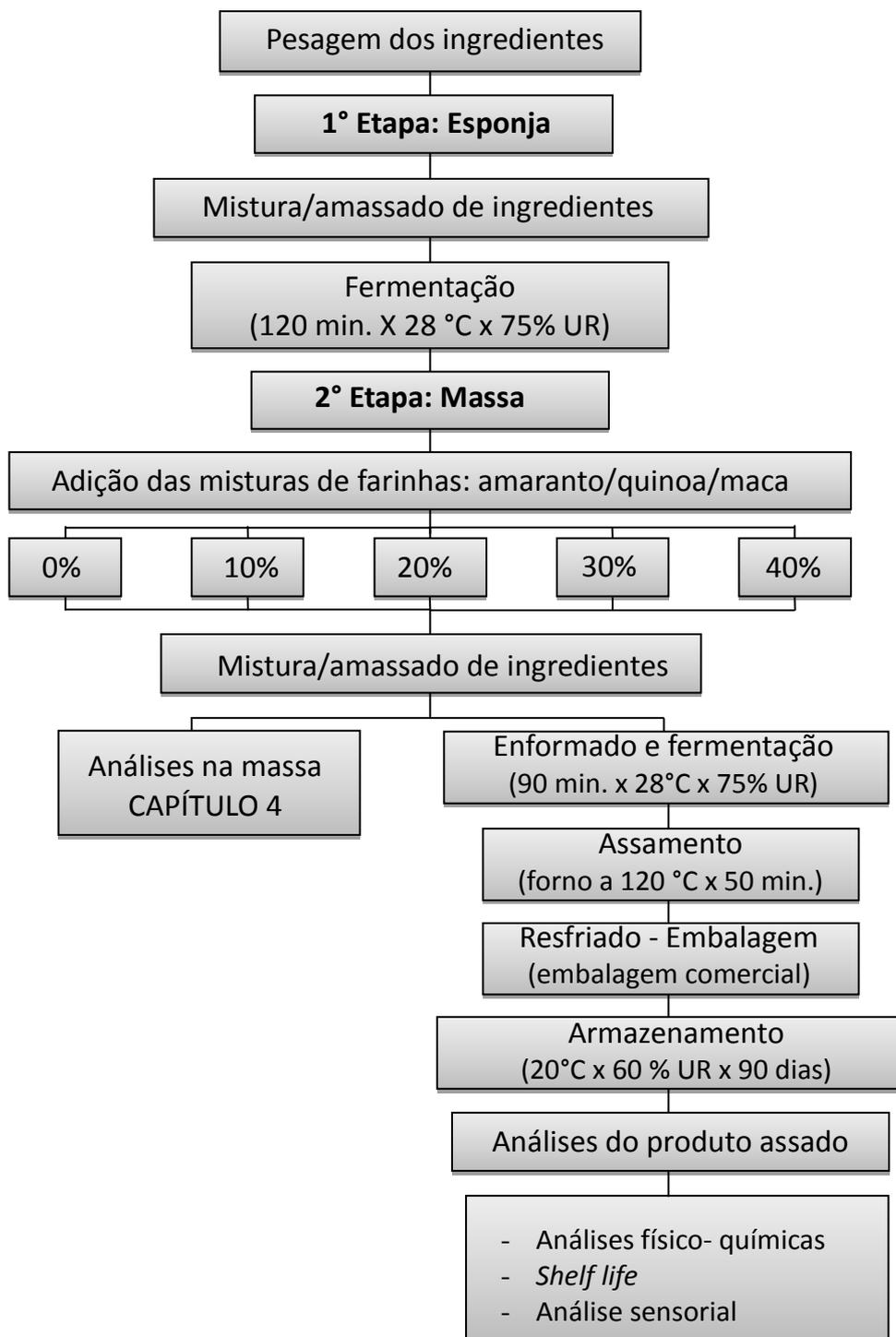


Figura 43 - Fluxograma do processamento da massa de panetone.

5.3.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E CÁLCULO DO VALOR CALÓRICO

A composição centesimal foi determinada por meio dos métodos apresentados no CAPÍTULO 3. O valor calórico foi calculado com o uso dos fatores de conversão: 4 kcal/g (17 kJ/g) para proteínas, 4 kcal/g (17 kJ/g) para carboidratos e 9 kcal/g (37 kJ/g) para lipídeos, de acordo com a Resolução – RDC n° 360 (ANVISA, 2003).

5.3.4 DETERMINAÇÃO DO PH

O pH das amostras foi avaliado em triplicata, utilizando-se o método AOAC 945.42 em pHmetro (Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., São Paulo, Brasil).

5.3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA

A análise foi realizada no primeiro dia de elaboração das amostras em medidor automático (CX-2, Aqualab-Decagon Devices Inc., EUA).

5.3.6 VOLUME ESPECÍFICO E DENSIDADE

A determinação do volume foi realizada um dia após a produção. O volume foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, porém utilizando-se micro-esferas de polietileno. As amostras foram desenformadas, pesadas e o volume específico (mL/g) e densidade (g/mL) foram calculados em triplicata.

5.3.7 ALTURA DO PANETONE

A altura foi medida utilizando paquímetro. A análise foi realizada em todas as amostras forneadas após serem resfriadas e antes de serem armazenadas.

5.3.8 POROSIDADE DO MIOLO

Para as análises da porosidade da massa, as amostras foram cortadas na direção radial e escaneadas ou digitalizadas (HP PSC 2355 – HP, EUA). O contraste entre as fases sólida e gasosa (ar) das amostras foi analisado em duplicata utilizando um analisador de imagem (ImageJ 1.41°, *National Institutes of Health*, EUA). As imagens foram feitas a partir do centro da fatia (corte longitudinal) e a porosidade das amostras obtida pela razão das áreas totais.

5.3.9 ANÁLISE DA COR DA CROSTA E DO MIOLO

Determinadas em espectrofotômetro HunterLab (EUA) modelo UltraScanTMXE, com ângulo de observação de 10 ° e D65 iluminante, 420 nm. Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) foram registrados usando o espaço uniforme de cor CIE- $L^*a^*b^*$ (CIE-Lab). Os parâmetros C^*_{ab} e h_{ab} e as diferenças de cor (ΔE^*_{ab}) foram matematicamente calculados utilizando as formulas descritas no CAPÍTULO 3. As análises foram realizadas em triplicata.

5.3.10 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Os parâmetros da análise do perfil de textura (TPA) foram determinados utilizando um texturômetro TA-XT2 (Stable Microsystems Ltd, Reino Unido), nos seguintes parâmetros:

- Prato de compressão P/75 Ø 75 mm,
- Velocidade de dupla compressão 2,0 mm/s,
- Distância 40 %,
- Trigger: Auto – 0,10 N
- Força 100 g,
- Tempo 5 s.

Os parâmetros de textura quantificados foram firmeza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade e resiliência. As amostras (fatias de 40 mm x 40 mm de espessura), retiradas da parte central, foram mantidas na embalagem original, realizando-se prontamente as medições a fim de evitar perda de umidade. Os parâmetros de textura foram medidos em triplicata.

5.3.11 DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA

Para cada formulação, 21 amostras foram acondicionadas em embalagens de polietileno. O armazenamento foi realizado em câmara climática (Nova Ética Ind., Com. e Serviços, Brasil) a 20 °C e 60 % UR durante 90 dias. As propriedades físico-químicas (teor de umidade) e reológicas (textura) foram monitoradas a cada 30 dias utilizando para avaliação três amostras aleatórias de cada formulação.

5.3.12 ANÁLISE SENSORIAL

Foram selecionadas para avaliação sensorial as formulações que apresentaram propriedades físicas adequadas (volume, altura, cor, estrutura e textura próximas ao controle) e com o maior teor possível de farinha de amaranto, quinoa ou maca. A produção das amostras foi realizada seguindo o mesmo procedimento de elaboração das massas assadas, com adição de uva passa e frutas cristalizadas as quais foram adicionadas juntamente com os aromas, 5 minutos antes de finalizar o processo.

A análise foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/USP (ANEXO G). Para a avaliação, o teste afetivo de aceitação global com escala hedônica estruturada de 9 pontos (onde o ponto 1 corresponde à qualificação “desgostei muitíssimo” e o ponto 9 à qualificação “gostei muitíssimo”) foi escolhido. Também foi avaliada a intenção de compra com escala de 5 pontos (onde o ponto 1 corresponde a “certamente não compraria” e 5 a “certamente compraria”).

Oitenta provadores (de ambos os sexos e com idade acima de 18 anos), não treinados, entre funcionários e estudantes da FCF/USP, que não estivessem realizando nenhuma dieta especial, avaliaram quanto à preferência de alguns atributos (textura, sabor, cor e aspecto geral) e intenção de compra, quatro formulações elaboradas com farinha de trigo (controle) e com substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de amaranto (30 %), quinoa (20 %) e maca (10 %). Os produtos foram preparados com 24 horas de antecedência aos testes e mantidos em temperatura de 20 °C e 60 % UR até o momento de servi-los. As amostras cortadas em porções de aproximadamente 30 g foram colocadas em pratos plásticos codificados com três números aleatórios e entregues aos provadores, juntamente com a ficha de avaliação (ANEXO I) e um copo de água e biscoito de sabor neutro (água e sal) para neutralização entre as amostras. Antes da degustação, os provadores foram instruídos a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO H), declarando-se não alérgicos aos componentes das formulações.

5.3.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas das amostras foram realizadas utilizando o software Statistica 7.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, EUA). Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. O teste de Hartley foi aplicado a fim de verificar a homogeneidade de variâncias, posteriormente os testes post hoc ANOVA unifatorial e teste de Tukey foram realizados para identificar contrastes entre as amostras, com intervalo de confiança de 95%.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A Tabela 26 apresenta os resultados da composição centesimal das farinhas utilizadas no presente capítulo. Como pode ser observado, a farinha de amaranto apresentou elevados teores de proteínas e lipídios. O teor de cinzas foi significativamente ($p < 0,05$) elevado na farinha de maca (5,39 %). Na farinha de trigo, o conteúdo de proteínas foi similar às farinhas de quinoa e maca. Comparando com os resultados obtidos no CAPÍTULO 3, a farinha de amaranto mostrou um incremento no teor de proteínas e lipídios.

Tabela 26 - Composição centesimal em farinhas de trigo, amaranto, quinoa e maca

Parâmetros	Trigo	Amaranto	Quinoa	Maca
Proteína* (%)	12,43 ^b ±0,05	14,63 ^a ±0,12	12,17 ^b ±0,08	12,12 ^b ±0,14
Cinzas* (%)	0,87 ^c ±0,08	2,88 ^b ±0,17	2,72 ^b ±0,05	5,39 ^a ±0,03
Lipídios* (%)	0,87 ^c ±0,02	8,05 ^a ±0,10	5,36 ^b ±0,08	0,91 ^c ±0,03
Carboidratos ^{**} (%)	85,79	74,43	79,81	81,57
Umidade (%)	12,07 ^a ±0,03	10,87 ^b ±0,05	9,43 ^c ±0,04	8,97 ^d ±0,09

*Resultados expressos em base seca.

**Calculado por diferença, inclui a fração de fibra alimentar.

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

A composição centesimal das massas assadas de panetone enriquecidas com diferentes porcentagens de adição de farinhas de amaranto, quinoa ou maca é apresentada na Tabela 27.

Dos dados obtidos no presente estudo para a análise de umidade, tanto a amostra controle (farinha de trigo) como as amostras experimentais apresentaram conteúdo de

umidade entre 26,39 – 29,97 %. Estes valores se encontraram dentro do estipulado pela RDC n° 90 (ANVISA, 2000), a qual indica que para panetone a umidade não deve ultrapassar 30 % do produto elaborado.

Tabela 27 - Composição centesimal e valor calórico das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Amostra ¹	Umidade	Proteínas*	Lipídeos*	Cinzas*	Carboi dratos* ¹	VCT Kcal/100g**
Controle	27,76 ^d ± 0,59	14,30 ^c ± 0,07	17,48 ^{bcde} ± 0,04	1,02 ⁱ ± 0,04	67,24	350,32 ^{bc} ± 2,74
A10	26,39 ^f ± 0,03	14,41 ^{bc} ± 0,14	17,48 ^{bcde} ± 0,04	1,15 ^h ± 0,02	66,96	355,39 ^a ± 0,22
A20	28,42 ^c ± 0,08	14,45 ^{bc} ± 0,42	17,55 ^{bc} ± 0,03	1,23 ^{fgh} ± 0,03	67,03	345,52 ^d ± 0,39
A30	28,40 ^c ± 0,09	14,67 ^{ab} ± 0,04	18,12 ^a ± 0,10	1,40 ^{de} ± 0,02	65,81	347,26 ^{cd} ± 0,85
A40	28,29 ^c ± 0,05	14,79 ^a ± 0,08	18,17 ^a ± 0,15	1,52 ^c ± 0,02	64,52	347,63 ^{cd} ± 0,63
Q10	28,44 ^c ± 0,62	14,35 ^c ± 0,13	17,51 ^{bcd} ± 0,01	1,15 ^h ± 0,05	66,88	347,27 ^{cd} ± 0,15
Q20	28,51 ^{bc} ± 0,13	14,30 ^c ± 0,15	17,56 ^b ± 0,11	1,21 ^{gh} ± 0,03	66,89	345,30 ^d ± 0,36
Q30	27,22 ^e ± 0,18	14,31 ^c ± 0,21	17,59 ^b ± 0,08	1,33 ^{ef} ± 0,04	67,17	351,33 ^b ± 1,15
Q40	29,97 ^a ± 0,15	14,29 ^c ± 0,24	17,65 ^b ± 0,05	1,47 ^{cd} ± 0,01	66,35	337,93 ^e ± 0,14
M10	26,83 ^{ef} ± 0,11	14,29 ^c ± 0,11	17,25 ^{ef} ± 0,01	1,26 ^{fg} ± 0,04	67,13	351,94 ^{ab} ± 0,67
M20	28,01 ^{cd} ± 0,08	14,29 ^c ± 0,13	17,30 ^{cdef} ± 0,02	1,50 ^{cd} ± 0,06	66,65	345,92 ^d ± 0,26
M30	29,14 ^b ± 0,25	14,30 ^c ± 0,15	17,24 ^f ± 0,03	1,81 ^b ± 0,07	66,33	339,95 ^e ± 0,44
M40	28,99 ^b ± 0,49	14,25 ^c ± 0,24	17,27 ^{def} ± 0,08	2,05 ^a ± 0,02	65,91	339,08 ^e ± 1,91

¹O número após a letra de identificação da amostra indica a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 40 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

*Resultados expressos em base seca.

¹Calculado por diferença, inclui a fração de fibra alimentar.

VCT: Valor Calórico Total.

**Resultados expressos em base úmida.

O teor de lipídios foi maior nas formulações com adição de farinha de amaranto e quinoa, sendo que com 40 % de adição as amostras apresentam maior teor com 18,17 e 17,65 %, respectivamente. Isto era esperado pelo fato das farinhas de amaranto e quinoa

terem maior quantidade de lipídeos em sua composição do que as farinhas de trigo e maca. Na base úmida, o teor de lipídios se encontra dentro do estabelecido pela ANVISA. De acordo com a RDC n° 90, o conteúdo de lipídios no panetone não deve ser menor do que 11 % (ANVISA, 2000).

O conteúdo de proteína foi elevado nas formulações contendo farinha de amaranto. A substituição da farinha de trigo favoreceu o aumento no teor de proteína total, o que pode não ser desejável do ponto de vista tecnológico já que a presença de proteína não formadora de glúten pode também interferir na formação da rede de glúten, enfraquecendo-a, reduzindo sua elasticidade, viscosidade da massa, causando rompimento do complexo amido-glúten e ligações cruzadas com grupos sulfidrilas, interrompendo assim a estrutura tridimensional do glúten, aumentando sua porosidade e diminuindo a capacidade de retenção de gases (RIBOTTA et al., 2005). Ribotta et al. (2005) avaliaram o efeito da adição de soja nas propriedades reológicas da massa. De acordo com os autores, as proteínas presentes afetaram a formação do glúten, propriedades de extensibilidade, retenção de gás e a qualidade do pão, sendo estes efeitos agravados pelo aumento na proporção de farinha/soja. No entanto, do ponto de vista nutricional, o incremento adicional do teor de proteínas e lipídeos quando a farinha de trigo foi substituída contribuiu com o aumento de proteínas com elevado valor nutricional e ácidos graxos insaturados (ENRIQUEZ et al., 2003; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; KOZIOL, 1993; SILVA et al, 2009; SCHOENLECHNER, SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

O teor de cinzas aumentou significativamente como resultado da substituição da farinha de trigo, como era esperado, tomando em conta os resultados da composição química das farinhas. Tanto as formulações contendo farinhas dos pseudocereais como da maca apresentaram elevados níveis de minerais. Este incremento foi maior nas formulações contendo farinha de maca. Em geral, pães feitos com farinha de trigo apresentam um baixo conteúdo mineral e devem ser fortificados para satisfazer as necessidades diárias de diferentes elementos. Nesse contexto, a adição destas farinhas conhecidas por serem fontes ricas em micro e macro elementos ajudaria a melhorar a deficiência em minerais tais como cálcio, magnésio, ferro, zinco, potássio, entre outros (SANZ-PENELLA et al., 2013; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; ABUGOCH, 2009; DINI et al., 1994).

5.4.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A Tabela 28 apresenta os efeitos dos diferentes níveis de adição das farinhas de amaranto, quinoa e maca em alguns parâmetros de qualidade das massas assadas de panetone.

Tabela 28 - Propriedades físico-químicas das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Amostra ¹	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Altura (mm)	pH	Aw
Controle	4,31 ^a ± 0,23	0,24 ^e ± 0,01	88,37 ^a ± 2,93	5,83 ^{bc} ± 0,04	0,87 ^b ± 0,00
A10	4,30 ^a ± 0,20	0,23 ^e ± 0,01	88,05 ^a ± 2,73	5,80 ^{cd} ± 0,00	0,87 ^b ± 0,00
A20	4,08 ^{ab} ± 0,25	0,24 ^e ± 0,03	82,21 ^{cd} ± 1,64	5,83 ^{bc} ± 0,02	0,87 ^b ± 0,00
A30	3,69 ^{bc} ± 0,24	0,27 ^d ± 0,02	79,18 ^d ± 2,82	5,92 ^b ± 0,06	0,89 ^a ± 0,00
A40	3,06 ^{de} ± 0,29	0,33 ^b ± 0,02	66,15 ^{ef} ± 1,96	6,06 ^a ± 0,00	0,88 ^a ± 0,00
Q10	4,00 ^{ab} ± 0,21	0,25 ^{de} ± 0,01	85,99 ^{ab} ± 1,94	5,76 ^{cd} ± 0,02	0,87 ^b ± 0,00
Q20	4,00 ^{ab} ± 0,20	0,25 ^{de} ± 0,01	83,61 ^{bc} ± 2,44	5,72 ^d ± 0,05	0,86 ^b ± 0,00
Q30	3,37 ^{cd} ± 0,25	0,30 ^c ± 0,03	56,36 ^{gh} ± 2,08	5,71 ^d ± 0,01	0,87 ^b ± 0,00
Q40	2,73 ^{ef} ± 0,26	0,37 ^a ± 0,03	64,92 ^f ± 3,23	5,73 ^d ± 0,05	0,86 ^{bc} ± 0,00
M10	3,99 ^{ab} ± 0,09	0,25 ^{de} ± 0,01	85,84 ^{abc} ± 3,72	5,78 ^{cd} ± 0,03	0,87 ^b ± 0,02
M20	3,29 ^{cd} ± 0,2	0,31 ^c ± 0,00	69,11 ^e ± 1,81	5,60 ^e ± 0,01	0,86 ^{bc} ± 0,01
M30	3,13 ^{de} ± 0,26	0,33 ^b ± 0,02	56,62 ^g ± 7,34	5,56 ^{ef} ± 0,02	0,86 ^{bc} ± 0,01
M40	2,58 ^f ± 0,27	0,39 ^a ± 0,04	52,63 ^h ± 1,01	5,49 ^f ± 0,01	0,85 ^c ± 0,00

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 40 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa (p < 0,05) de acordo com o teste de Tukey.

A adição das farinhas à formulação ocasionou uma diminuição gradativa do volume das amostras e com isso um aumento proporcional da densidade da massa. As

formulações enriquecidas com 10 % de farinha de maca e 10 % e 20 % de farinha de amaranto e quinoa apresentaram volume específico próximo à formulação controle. Dentre as formulações contendo 30 % de adição, a farinha de amaranto afetou o volume em menor proporção do que as outras farinhas, indicando menor impacto na estrutura da massa. Esta menor influência no volume da amostra também foi observada nas massas fermentadas (CAPÍTULO 4). A menor perda no volume das amostras pode ser devido à presença de lipídios polares, que possuem capacidade de interagir com proteínas para formar complexos durante o processo de mistura, influenciando positivamente na capacidade de retenção de gás na massa e no volume do produto (MCCAN et al., 2009; ALVAREZ JUBETE et al., 2010a). No estudo feito por Tosi et al. (2002) com farinhas de amaranto integrais e desengorduradas, foi observado um melhor desempenho da farinha integral de amaranto, devido provavelmente à presença de lipídios. Já Alvarez-Jubete et al. (2010a) observaram um melhor efeito em massas contendo farinha de quinoa. De acordo com esses autores, o elevado teor de lipídios polares pode ter funcionalidade como agente ativo de superfície (emulsificante), e assim, contribuir para a estabilização da célula de gás antes da gelatinização do amido. Com 40 % de adição, as amostras apresentaram estrutura mais compacta, que indica uma menor capacidade para reter o gás liberado durante a fermentação (ROSELL, CORTEZ, REPO-CARRASCO, 2009).

A altura foi considerada como um indicativo de desenvolvimento do produto devido a que os moldes utilizados eram idênticos e a quantidade de produto foi a mesma para todas as formulações. A maior altura foi obtida nas formulações contendo 10 % e 20 % de adição de farinhas de amaranto e quinoa e 10 % de maca. Como o volume, os maiores produtos foram obtidos quando a farinha de amaranto foi adicionada à formulação. Com 30 % de adição de farinha de amaranto, as amostras apresentaram boa altura (79,18 mm), próximo das formulações que levaram menor porcentagem de adição e significativamente ($p < 0,05$) maior em comparação às outras formulações com o mesmo nível de adição. A menor altura foi observada nas formulações contendo farinha de maca, e com 20 % de adição houve diminuição significativa da altura em relação ao controle e às outras amostras (69,11 mm).

Entre os fatores que podem ter influenciado na diminuição da altura das amostras se encontram a diluição da estrutura do glúten de trigo pela proteína presente na farinha adicionada (DOXASTAKIS et al., 2002; RIBOTTA et al., 2005). A amilase hidrolisa o

amido em dextrinas e maltose, permitindo assim que a levedura trabalhe de forma contínua durante a fermentação da massa, impermeabilização e na fase inicial de cozimento. Além disso, a hidrólise do amido produz diminuição rápida da viscosidade, o que dá origem a alvéolos maiores. Consequentemente, o volume do produto é melhorado (BENEJAM, STEFFOLANI, LEÓN, 2009). Para as formulações preparadas com misturas de farinha de maca, a adição da enzima não foi considerada, pois na análise de *falling number* foram observados níveis adequados de atividade enzimática (CAPÍTULO 3). Além disso, ensaios prévios onde foi adicionada a enzima não indicaram melhora na qualidade do produto. Outro ponto é que como todas as amostras foram produzidas com a mesma quantidade de água, provavelmente, a água não foi suficiente para o desenvolvimento da massa de panetone contendo a farinha de maca.

As amostras contendo farinha de maca mostraram aumento da acidez conforme foi adicionada uma maior quantidade à formulação (5,49 com 40 % de adição), por outro lado houve um incremento do pH quando a farinha de amaranto foi adicionada (6,06 com 40 % de adição). No entanto, exceto na formulação contendo 40 % de adição de farinha de amaranto, a acidez das amostras não ultrapassou o limite máximo determinado pela RDC n° 90, que indica que a acidez do produto panetone não deve ultrapassar de 6,0 para massas livres de recheio e cobertura (ANVISA, 2000).

A amostra controle e as formulações apresentaram atividade de água (Aa) entre 0,87 e 0,85, valores próximos aos encontrados por Oliveira e Marinho (2010) em panetone elaborado à base de pupunha, e enquadrando-se na faixa onde poderiam ser atacados pela maioria dos fungos.

5.4.3 ANÁLISE DA COR

Os resultados para as coordenadas de cromaticidade L*, a* e b* são mostradas na Tabela 29.

Tabela 29 - Análise da cor no miolo e na crosta das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Amostra ¹	Miolo						Crosta					
	L*	a*	b*	h _{ab} (graus)	C* _{ab}	ΔE* _{ab}	L*	a*	b*	h _{ab} (graus)	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
Controle	63,67 ^{abcde} ±0,62	1,78 ^f ±0,18	35,91 ^c ±0,7	87,37 ^a ±0,02	35,85 ^b ±0,98	-	36,35 ^b ±0,47	14,70 ^{bcd} ±1,08	27,49 ^{bcd} ±0,48	61,92 ^a ±1,33	31,18 ^{bcd} ±0,93	-
10A	62,46 ^{abcd} ±1,15	1,51 ^f ±0,11	36,00 ^c ±0,27	87,65 ^a ±0,22	36,03 ^b ±0,27	1,24	35,92 ^b ±1,67	14,93 ^{bc} ±0,70	27,66 ^{abcd} ±1,96	61,62 ^a ±1,76	31,44 ^{bcd} ±1,85	0,51
20A	60,26 ^{abcdef} ±2,95	2,44 ^f ±0,24	36,04 ^c ±0,80	86,16 ^{ab} ±0,47	36,12 ^b ±0,78	3,48	36,55 ^b ±0,26	14,68 ^{bcd} ±0,25	26,61 ^{bcd} ±1,22	61,12 ^a ±1,26	30,40 ^{cd} ±1,04	0,91
30A	59,47 ^{bcdef} ±0,80	3,58 ^e ±0,63	36,49 ^{bc} ±0,85	84,43 ^{bc} ±1,03	36,67 ^b ±0,82	4,61	34,41 ^{bcd} ±0,21	14,17 ^{cde} ±1,07	25,46 ^{cde} ±2,60	60,87 ^{ab} ±1,51	29,15 ^{de} ±2,71	2,86
40A	58,19 ^{defg} ±1,14	5,05 ^{cd} ±0,42	37,76 ^{abc} ±0,30	82,42 ^{de} ±0,65	38,09 ^{ab} ±0,29	6,65	32,60 ^{cd} ±2,22	14,13 ^{cde} ±0,33	24,47 ^{def} ±0,80	60,03 ^{ab} ±0,23	28,71 ^{def} ±0,46	4,85
10Q	63,47 ^{ab} ±1,05	2,28 ^f ±0,73	37,60 ^{abc} ±0,12	86,59 ^a ±1,01	37,67 ^{ab} ±1,16	1,77	35,12 ^{bc} ±1,03	15,18 ^{abc} ±0,23	26,89 ^{bcd} ±1,11	60,89 ^{ab} ±0,64	30,88 ^{bcd} ±1,07	1,45
20Q	64,74 ^a ±1,28	2,24 ^f ±0,16	38,06 ^{abc} ±1,16	86,68 ^a ±0,18	38,13 ^{ab} ±1,16	2,45	38,52 ^a ±1,43	16,90 ^a ±0,45	30,47 ^{ab} ±1,18	61,00 ^{ab} ±0,82	34,84 ^{ab} ±1,16	4,29
30Q	62,65 ^{abcd} ±0,18	4,27 ^{de} ±0,20	39,38 ^a ±0,08	83,85 ^{cd} ±0,27	39,61 ^a ±0,10	4,39	40,08 ^a ±0,17	16,00 ^{ab} ±0,09	29,23 ^{abc} ±0,25	61,33 ^a ±0,18	33,32 ^{abc} ±0,24	4,32
40Q	63,29 ^{abc} ±0,04	5,28 ^{cd} ±0,15	39,20 ^a ±0,81	82,33 ^{de} ±0,21	39,55 ^a ±0,82	4,82	39,86 ^a ±1,70	16,91 ^a ±0,33	31,51 ^a ±2,02	61,77 ^a ±1,30	35,77 ^a ±1,78	5,78
10M	58,82 ^{cdefg} ±2,69	4,65 ^{de} ±0,18	37,22 ^{abc} ±0,56	82,92 ^{cd} ±0,25	37,51 ^{ab} ±0,56	5,79	31,70 ^e ±0,32	12,74 ^{ef} ±0,60	22,01 ^{efg} ±0,22	59,97 ^{ab} ±1,05	25,43 ^{efg} ±0,44	7,46
20M	57,16 ^{efg} ±1,26	6,15 ^{bc} ±0,24	37,98 ^{abc} ±1,09	80,84 ^{ef} ±0,11	38,48 ^{ab} ±1,11	8,11	29,65 ^f ±0,11	13,11 ^{def} ±0,35	20,97 ^{fg} ±0,65	58,02 ^b ±0,26	24,73 ^{fg} ±0,73	9,48
30M	56,29 ^{fg} ±1,15	6,72 ^b ±0,29	37,20 ^{abc} ±0,45	79,80 ^f ±0,56	37,80 ^{ab} ±0,39	8,98	33,17 ^{de} ±1,05	11,48 ^f ±0,80	18,98 ^g ±1,16	58,87 ^{ab} ±0,36	22,18 ^g ±1,40	9,65
40M	54,67 ^g ±0,92	8,36 ^a ±0,47	38,55 ^{ab} ±0,75	77,80 ^g ±0,71	39,45 ^a ±0,73	11,46	33,83 ^{cd} ±0,08	11,82 ^f ±0,02	20,44 ^{fg} ±0,28	59,99 ^{ab} ±0,38	23,60 ^g ±0,23	8,03

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 40 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

A cor é uma característica importante dos produtos de panificação, já que junto com a textura e o aroma, contribuem para a preferência do consumidor. Além da cor própria das farinhas utilizadas, este parâmetro depende também das características físico-químicas da massa crua (conteúdo de água, pH, açúcares redutores e aminoácidos) e as condições operantes aplicadas durante o cozimento (temperatura, velocidade do ar, umidade relativa, modos de transferência de calor) (ESTELLER, et al., 2006).

Observa-se na Tabela 29 que houve influência significativa da adição das farinhas sobre a cor do produto acabado. No miolo, a cor foi influenciada tanto pelo tipo de farinha como pelo nível de adição. Para os valores de L^* , as amostras contendo adição de farinha de amaranto e quinoa apresentaram valores próximos do controle, enquanto que as amostras contendo adição de farinha de maca apresentaram maior escurecimento. Estes valores eram esperados uma vez que tanto nas misturas de farinhas como na massa fermentada também foi observado uma maior perda da luminosidade nas formulações que levaram adição desta farinha. Também foi observada tendência ao amarelo e vermelho devido à presença das farinhas na formulação, indicando que a pigmentação das farinhas interferiu na cor do produto assado.

Considerando as outras características dos produtos avaliados, é interessante acrescentar que algumas variações nos parâmetros de cor podem também estar relacionadas com a umidade, e o volume das amostras, que levariam a mudanças na reflexão da luz que incidiu no material durante a análise da cor (CAPRILES, 2009).

Como resultado da variação dos valores de L^* , a^* e b^* conseqüentemente houve também aumento nas diferenças totais de cor (ΔE^*_{ab}) das formulações em relação à amostra controle. A elevada diferença total na cor no miolo ($\Delta E^*_{ab} > 3$) poderia ser percebida pelo olho humano e influenciar na aceitabilidade dos produtos (FRANCIS, CLYDESDALE, 1981; CAPRILES, 2009).

As reações químicas, que causam o escurecimento em produtos de panificação durante o cozimento, incluem a reação de Maillard e caramelização. Na crosta, foi observada uma grande variação na cor das amostras, que indica que não só a adição das farinhas influenciou no valor de L^* , mas também a temperatura externa. A luminosidade da crosta variou significativamente com valores de L^* que vão desde 29,65 até 40,08 ($p <$

0,05). As formulações contendo adição de farinha de quinoa mostraram valores elevados de L^* , no entanto, todas as amostras apresentaram valores inconsistentes em relação à porcentagem de adição. De acordo com Esteller et al. (2006), a luminosidade das amostras pode variar dependendo da posição da amostra no forno, sendo que esta pode exercer sobre a crosta uma maior reação de escurecimento (*Maillard* e caramelização). Já no miolo a diminuição dos valores de L^* são linearmente dependentes da adição das farinhas e da porosidade do produto.

Observa-se que as amostras com adição de farinha de maca apresentaram crostas com menores valores de L^* , a^* e b^* em relação ao controle e as outras formulações, o que levou a uma maior diferença total de cor (valores de ΔE^*_{ab} entre 7,46 – 9,65). Por outro lado, as amostras com adição de farinha de amaranto apresentaram os menores valores de diferença total na cor da crosta.

5.4.4 ANÁLISE DA POROSIDADE DO MIOLO

A Tabela 30 e as Figuras 44 a 47 apresentam os efeitos da adição das farinhas de amaranto, quinoa e maca sobre as características das células de gás do miolo, avaliados por análise de imagem digital.

A análise da imagem mostrou diferenças entre as características do miolo para todas as formulações. Na amostra controle, o número de células, a área total e a área média das células de gás (A_m) foram 2274,67, 920,30 mm² e 0,42 mm², respectivamente, indicando boa aeração do produto.

Tabela 30 – Análise da estrutura do miolo das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinhas de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Amostra ¹	Nº células (N)	Área total de células (mm ²)	Am (mm ²)	Razão (Ar)	Perímetro médio	Diâmetro médio
Controle	2274,67 ^{bcd} ±394,12	920,30 ^a ±53,23	0,42 ^{bc} ±0,10	0,58 ^a ±0,03	1,47 ^b ±0,16	0,38 ^c ±0,03
A10	2374,00 ^{bcd} ±230,18	766,17 ^c ±13,00	0,31 ^{cd} ±0,05	0,46 ^c ±0,02	1,34 ^b ±0,05	0,37 ^c ±0,01
A20	1060,67 ^{ef} ±265,87	737,65 ^c ±59,24	0,71 ^a ±0,17	0,46 ^c ±0,04	2,12 ^a ±0,32	0,63 ^a ±0,08
A30	1034,33 ^f ±224,62	721,85 ^c ±8,37	0,64 ^a ±0,08	0,45 ^c ±0,01	2,32 ^a ±0,10	0,61 ^a ±0,06
A40	4855,33 ^a ±132,43	773,10 ^{bc} ±44,79	0,16 ^e ±0,01	0,48 ^{bc} ±0,03	0,71 ^c ±0,04	0,20 ^c ±0,01
Q10	2176,67 ^{bcd} ±479,39	775,44 ^{bc} ±29,67	0,36 ^{bcd} ±0,08	0,47 ^c ±0,02	1,35 ^b ±0,12	0,39 ^c ±0,03
Q20	1960,67 ^{def} ±582,55	762,80 ^c ±14,10	0,35 ^{bcd} ±0,01	0,49 ^{bc} ±0,03	1,54 ^b ±0,32	0,47 ^b ±0,11
Q30	2674,50 ^{bcd} ±437,70	728,96 ^c ±81,77	0,27 ^{de} ±0,01	0,46 ^c ±0,05	1,26 ^b ±0,01	0,37 ^c ±0,02
Q40	1740,50 ^{def} ±509,82	733,39 ^c ±24,73	0,39 ^{bcd} ±0,04	0,46 ^c ±0,02	1,45 ^b ±0,18	0,38 ^c ±0,01
M10	2039,33 ^{cde} ±363,36	895,08 ^{ab} ±15,61	0,45 ^b ±0,08	0,56 ^{ab} ±0,01	1,53 ^b ±0,12	0,40 ^c ±0,02
M20	2729,33 ^{bcd} ±34,59	856,93 ^{abc} ±38,63	0,31 ^{cd} ±0,01	0,54 ^{abc} ±0,02	1,43 ^b ±0,10	0,37 ^c ±0,01
M30	2963,33 ^{bc} ±149,02	832,81 ^{abc} ±47,77	0,28 ^{de} ±0,03	0,52 ^{abc} ±0,03	1,43 ^b ±0,03	0,34 ^c ±0,35
M40	3111,33 ^b ±102,21	812,08 ^{abc} ±41,60	0,26 ^{de} ±0,02	0,51 ^{abc} ±0,03	1,44 ^b ±0,09	0,34 ^c ±0,01

¹O número após a letra de identificação da amostra significa a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 40 %).

Am: área média da célula de gás.

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Como mostrado na Figura 44, a presença de um elevado número de células de gás alongadas e de maior tamanho foi claramente observada nesta amostra. Comparando com a estrutura das amostras comerciais estudadas no CAPÍTULO 2, podemos observar que, no panetone, esta característica é própria do produto. No entanto, os parâmetros analisados apresentaram menores valores aos observados nos produtos de mercado. É importante ressaltar que esta variação, além de outros fatores, também pode ser devido à presença de frutas e passas que podem ter influenciado na geração de uma estrutura menos homogênea. Nas amostras estudadas no presente capítulo, as quais foram

avaliadas sem adição desses componentes, a estrutura do miolo, principalmente da formulação controle, se apresentou de maneira mais uniforme e, contudo, similar àquele produto comercial sem adição de frutas e passas avaliado no CAPÍTULO 2.

Nas formulações contendo adição de farinha de maca (Figura 47), o número de células foi incrementado conforme foi adicionada uma maior quantidade da farinha (3111,33 com 40 % de adição), no entanto, este incremento foi acompanhado de uma diminuição na área total de células ($812,08 \text{ mm}^2$) e Am ($0,26 \text{ mm}^2$), indicando aumento no número de células com menor tamanho. Este comportamento também foi observado nas massas fermentadas onde as formulações apresentaram elevado número de células de gás de menor tamanho (CAPÍTULO 4).

As formulações contendo farinha de amaranto mostraram diminuição na área total de células (de $766,17 \text{ mm}^2$ com 10 % de adição até $721,85 \text{ mm}^2$ com 30 % de adição), porém a área média foi elevada em comparação às outras formulações, o que indica a presença de células de gás de maior tamanho para as formulações contendo entre 10 e 30 % de adição (Figura 45).

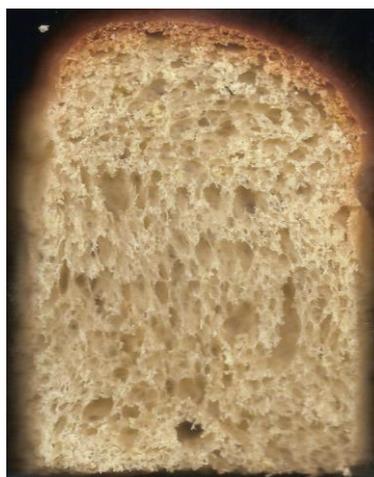


Figura 44 - Análise de imagem das massa assada de panettone elaborada com farinha de trigo (controle).

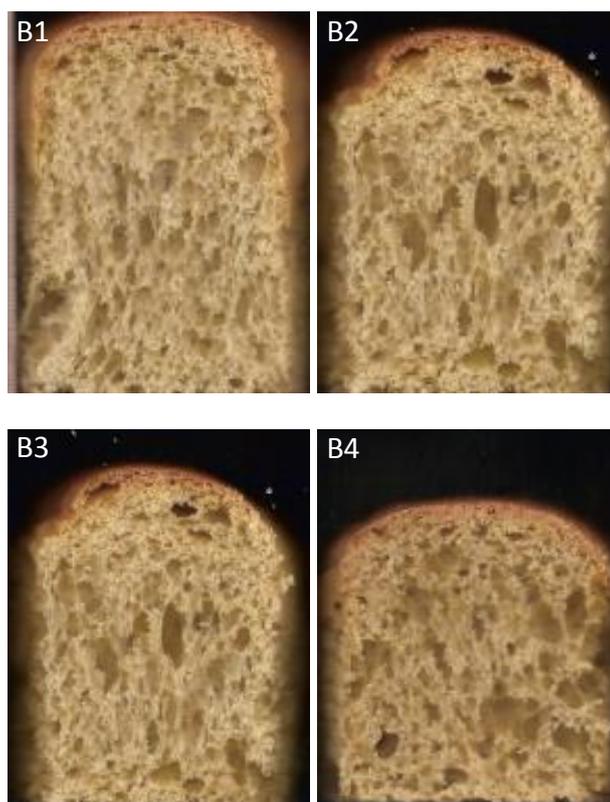


Figura 45 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de amaranto (10 – 40 % de adição).

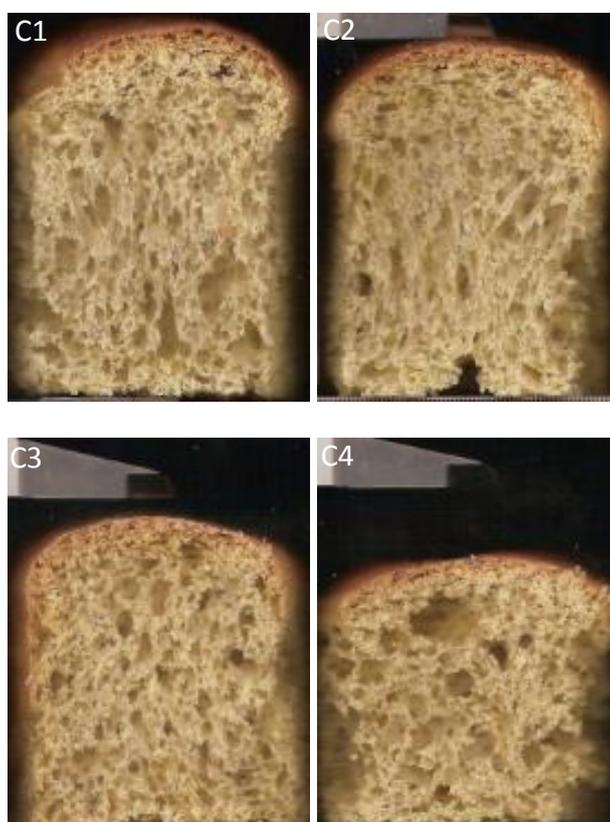


Figura 46 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de quinoa (10 – 40 % de adição).

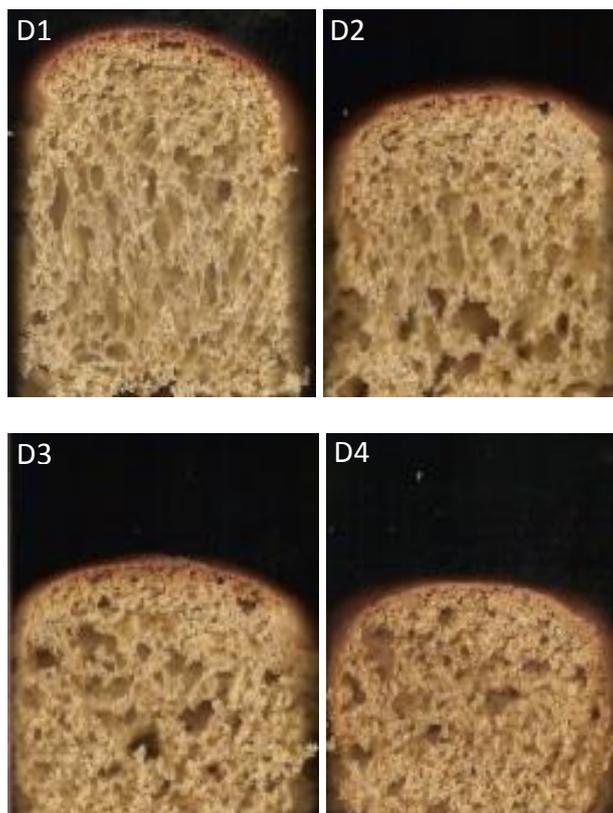


Figura 47 - Análise de imagem das massas assadas de panetone com adição de farinha de maca (10 – 40 % de adição).

A estrutura celular do miolo (ou granulidade) é um importante critério de qualidade usado na panificação comercial e na área de investigação para julgar a qualidade do produto juntamente com o sabor, cor e textura do miolo. Independentemente do peso atribuído a ele, acredita-se que a porosidade do miolo tem grande importância na definição da qualidade, desde que a precisão em marcar outros atributos de qualidade como, por exemplo, volume e simetria, dependem das características dos alveolos subjacentes no miolo (SCANLON, ZGHAL, 2001).

5.4.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Uma vez que a adição das farinhas teve um impacto significativo sobre o volume específico da formulação controle, alterações nos parâmetros de textura eram também

esperados. Na Tabela 31 apresentam-se os resultados da análise de textura realizada nas massas assadas de panetone.

Tabela 31 - Análise de textura das massas assadas de panetone com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Amostra ¹	Firmeza (N)	Elasticidade	Coabilidade	Mastigabilidade (N)	Resiliência
Controle	2,57 ^e ± 0,20	0,82 ^{ab} ± 0,02	0,42 ^c ± 0,02	0,82 ^e ± 0,06	0,11 ^f ± 0,00
A10	2,59 ^e ± 0,36	0,84 ^a ± 0,01	0,45 ^{bc} ± 0,02	0,98 ^{de} ± 0,14	0,12 ^{def} ± 0,01
A20	3,13 ^{de} ± 0,05	0,83 ^a ± 0,01	0,53 ^a ± 0,12	1,46 ^{cde} ± 0,27	0,15 ^a ± 0,04
A30	3,16 ^{de} ± 0,08	0,80 ^{ab} ± 0,03	0,45 ^{bc} ± 0,01	1,12 ^{de} ± 0,12	0,13 ^{bcdef} ± 0,00
A40	6,01 ^c ± 0,56	0,79 ^{abc} ± 0,04	0,49 ^{ab} ± 0,01	2,35 ^{bc} ± 0,36	0,15 ^{ab} ± 0,01
Q10	2,57 ^e ± 0,21	0,83 ^a ± 0,04	0,43 ^{bc} ± 0,02	0,92 ^{de} ± 0,11	0,11 ^{ef} ± 0,01
Q20	3,22 ^{de} ± 0,44	0,83 ^a ± 0,02	0,43 ^{bc} ± 0,01	1,16 ^{cde} ± 0,13	0,12 ^{def} ± 0,01
Q30	5,22 ^{cd} ± 1,09	0,83 ^a ± 0,03	0,45 ^{bc} ± 0,04	1,99 ^{bcde} ± 0,60	0,15 ^{abc} ± 0,02
Q40	7,05 ^c ± 0,95	0,79 ^{abc} ± 0,02	0,43 ^{bc} ± 0,17	2,36 ^{bc} ± 0,24	0,14 ^{abcd} ± 0,01
M10	2,91 ^e ± 0,26	0,82 ^a ± 0,04	0,46 ^{bc} ± 0,03	1,09 ^{de} ± 0,06	0,13 ^{abcdef} ± 0,01
M20	6,93 ^c ± 1,03	0,70 ^{cd} ± 0,07	0,43 ^{bc} ± 0,03	2,07 ^{bcd} ± 0,51	0,12 ^{cdef} ± 0,01
M30	10,09 ^b ± 0,46	0,68 ^d ± 0,03	0,43 ^{bc} ± 0,02	2,98 ^b ± 0,40	0,12 ^{cdef} ± 0,01
M40	17,23 ^a ± 1,38	0,72 ^{bcd} ± 0,05	0,44 ^{bc} ± 0,03	5,80 ^a ± 2,39	0,13 ^{abcde} ± 0,01

¹O número após a letra de identificação da amostra indica a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 40 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

As amostras produzidas com as misturas de farinha de trigo e amaranto, quinoa ou maca proporcionaram uma firmeza similar à formulação controle para as proporções de adição de 10 % de farinha de maca, 10 % e 20 % de farinha de amaranto e quinoa e 30 % de farinha de amaranto. Elgeti et al. (1992) observaram elevados valores de firmeza em

pães com 40 % (8,41N) de adição de farinha de quinoa. Por outro lado Park, Maeda e Morita (2005) relataram baixos valores de firmeza com a adição de 10 % (até 1,73 N) e 20 % (até 2,67 N) de farinha de quinoa, e uma maior firmeza em amostras com 30 % (até 6,28 N) de adição. A inclusão de farinha de amaranto incrementou a firmeza do miolo, no entanto, os valores das formulações contendo esta farinha foram menores em comparação às outras formulações. Por outro lado, a adição de farinha de maca incrementou significativamente ($p < 0,05$) a firmeza do miolo para as combinações contendo 20, 30 e 40 % de adição (valores entre 6,93 N e 17,23 N).

A elasticidade do miolo é atribuída à capacidade celular para recuperar-se de danos estruturais (RAO, NUSSINOVITCH, CHINACHOTI, 1992). Os valores observados para este parâmetro foram similares para todas as formulações exceto as amostras contendo 20, 30 e 40% de adição de farinha de maca que apresentaram elasticidade significativamente menor em relação à amostra controle.

A mastigabilidade, que indica o período de tempo (em segundos) necessário para mastigar uma amostra, a uma taxa constante de aplicação de força, para reduzi-la a uma consistência adequada para engolir (SZCZESNIAK, 2002), mostrou comportamento similar ao da firmeza. Por exemplo, no miolo a mastigabilidade foi significativamente elevada nas amostras contendo adição de 40 % das farinhas, assim como nas amostras contendo 20 e 30 % de farinha de maca, em comparação à amostra controle, enquanto que nas outras concentrações as amostras apresentaram valores próximos ao controle.

5.4.6 VIDA DE PRATELEIRA

Nas Figuras 48 até 52 são apresentados os resultados da análise de textura, parâmetros firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência, das massas assadas de panetone produzidas com misturas de farinhas e que foram acompanhadas durante o período de 90 dias de armazenamento.

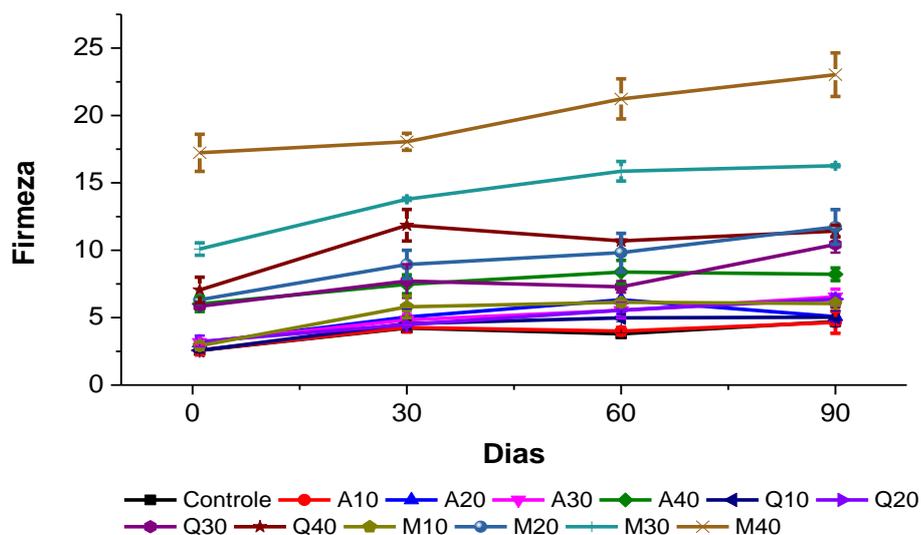


Figura 48 – Determinação da firmeza do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.

A avaliação da firmeza para determinar o grau de envelhecimento do pão é um dos métodos mais utilizados. As mudanças na firmeza do miolo durante o armazenamento estão relacionadas à migração de umidade do miolo para crosta e a retrogradação do amido, resultando em redução da maciez do miolo e aumento na força de compressão com o decorrer do tempo (GRAY, BEMILLER, 2003). Para o parâmetro firmeza (Figura 48), tanto a formulação controle como as outras amostras apresentaram um aumento significativo da firmeza ao longo do período de estocagem. As amostras produzidas com as misturas de farinha de trigo e amaranto, quinoa ou maca apresentaram uma firmeza próxima à formulação controle para as proporções de 10 % (farinha de maca), 10 % e 20 % (farinha de amaranto e quinoa) e 30 % (farinha de amaranto). No entanto, com o incremento no período de estocagem e com o aumento na firmeza, as mesmas não apresentaram diferenças significativas com a formulação controle.

As demais proporções, quando comparadas ao controle, apresentaram firmezas significativamente maiores ($p < 0,05$) desde o início do acompanhamento no primeiro dia até seu final. Como se pode deduzir da Figura 48, as amostras contendo 30 e 40 % de

adição de farinha de maca que apresentaram elevados valores iniciais de firmeza de 10,08 e 17,23 N também mostraram maior incremento ($p < 0,05$) na firmeza, alcançando valores de 16,27 e 23,02 N, respectivamente.

O endurecimento do miolo também pode ser devido a interações de amido-glúten, onde o glúten é reticulado pelo amido gelatinizado, e às ligações de hidrogênio entre glúten e grânulos de amido (GALLAGHER et al., 2004). De acordo com Gallagher et al. (2004), a ausência de glúten (encarregado de retardar o movimento da água através da formação de uma rede proteica extensível) deve aumentar a circulação da água a partir do miolo do pão à crosta, resultando em um miolo mais firme.

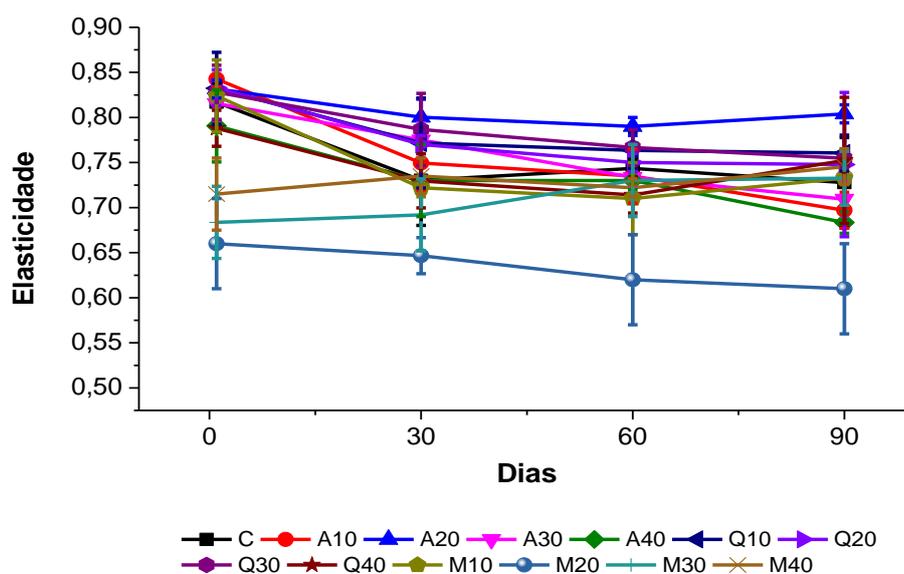


Figura 49 - Determinação da elasticidade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.

Embora fosse observado que os valores de elasticidade (Figura 49) diminuíram com o tempo, com exceção das proporções de 10% de farinha de amaranto ou maca e 30% de farinha de amaranto ou quinoa, os resultados da elasticidade não mostraram diferenças significativas ao longo do período de armazenamento ($p > 0,05$). Entre as amostras, foi

observado que a formulação contendo 20% de adição de farinha de maca apresentou valores de elasticidade significativamente menores em relação à amostra controle e demais formulações (entre 0,66 e 0,61), indicando uma massa mais quebradiça. No entanto, os valores encontrados se encontraram próximos aos observados em amostras de panetone comercial, onde os valores variaram entre 0,71 e 0,43 (CAPÍTULO 2).

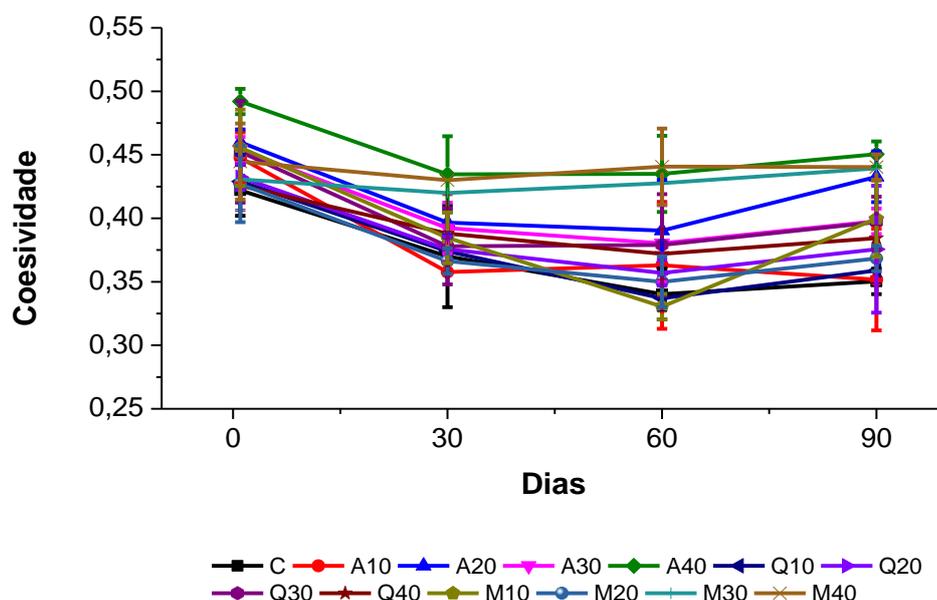


Figura 50 - Determinação da coesividade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.

Na Figura 50 observa-se que, no geral, as amostras apresentaram uma tendência a diminuir a coesividade até os 60 dias de armazenamento para depois mostrar um aumento, porém não significativo ($p > 0,05$), no dia 90. Durante o período de armazenamento, além da amostra controle, nas formulações com adição de 10 e 30 % de farinha de amaranto, 10 e 40 % de farinha de quinoa e 10 e 20 % de farinha de maca, a diminuição da coesividade foi significativa ($p < 0,05$) apenas aos 30 dias de estocagem, sendo que não houve variação significativa até o final da análise.

A diminuição da coesividade é ocasionada pela perda de atração intermolecular, secagem e tendência ao esfarelamento com o passar do tempo. Durante o desenvolvimento da massa, as pontes de dissulfeto e hidrogênio, e ligações iônicas mantêm a coesividade e garantem a retenção de ar durante a cocção. Durante o período de armazenamento, mudanças nessas ligações levam a um desarranjo gradual da estrutura (migração da água, cristalização do amido, hidrólise da gordura) (ESTELLER, AMARAL, LANNES, 2004).

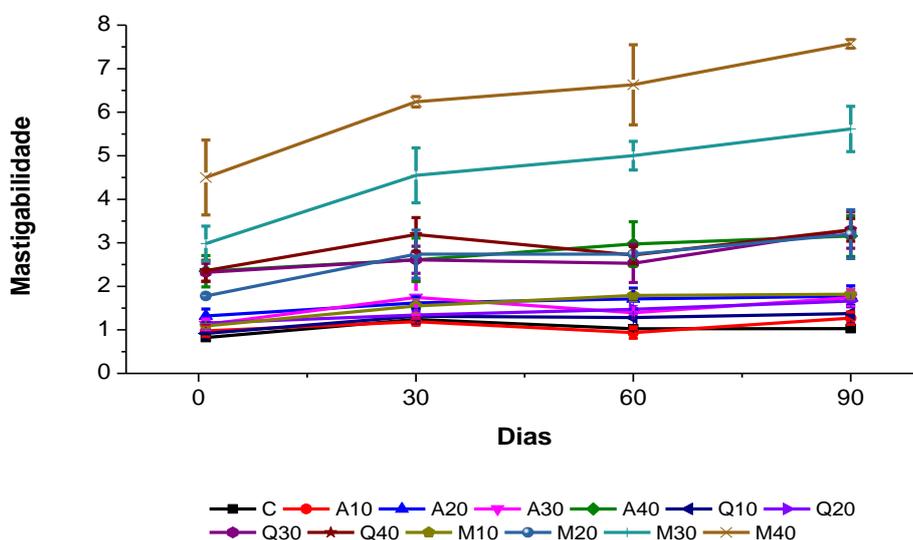


Figura 51 - Determinação da mastigabilidade do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.

A Figura 51 mostra os resultados da análise de textura para o parâmetro mastigabilidade em relação ao tempo de armazenamento. O aumento dos valores de mastigabilidade foi observado em todas as formulações. Este aumento foi significativo ($p < 0,05$) tanto na formulação controle como nas amostras com adição de 20 % e 40 % de farinha de quinoa e todas as que levaram adição de farinha de maca. No entanto, ao fim do período de armazenamento, os menores valores de mastigabilidade, foram observados

nas formulações com adição de 10% de farinha de maca (1,82 N.mm), 10 e 20 % de adição de farinhas de amaranto (1,27 e 1,77 N.mm, respectivamente) ou quinoa (1,37 e 1,66 N.mm, respectivamente) e 30 % de farinha de amaranto (1,74 N.mm), assim como na amostra controle (1,03 N.mm). Estes valores foram significativamente mais baixos em relação às outras formulações.

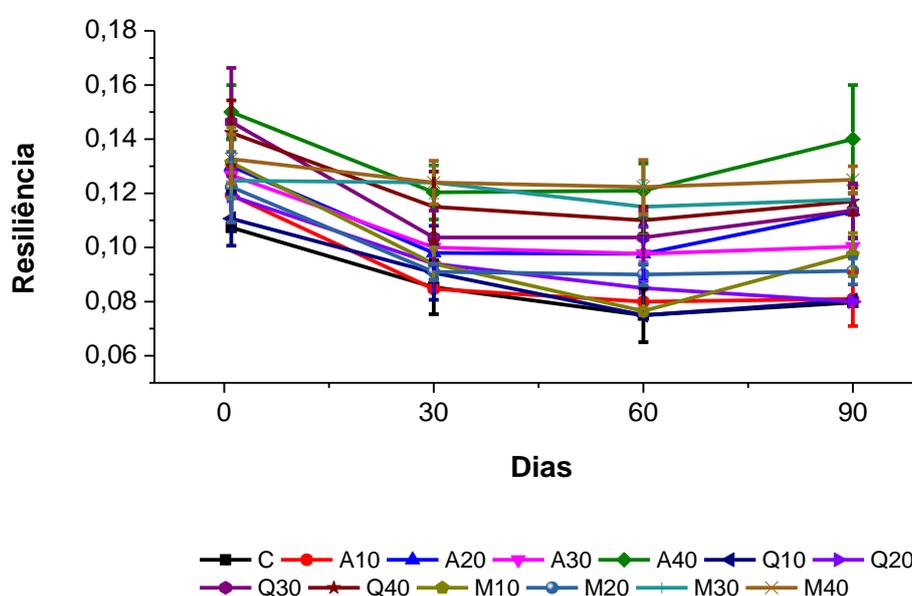


Figura 52 - Determinação da resiliência do miolo em massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição) ao longo de 90 dias de armazenamento.

A resiliência é definida como o grau necessário para que uma amostra retome seu formato original (BOURNE, 2002). A redução da resiliência também caracteriza uma perda da elasticidade da amostra. Para uma alta resiliência, uma relativamente rápida recuperação é requerida (MOORE et al., 2004). A Figura 52 mostra que houve uma diminuição dos valores aos 30 dias de armazenamento; no entanto, esta diminuição não foi significativa nas amostras com adição de 10 e 30 % de adição de farinha de amaranto,

e 30 e 40 % de farinha de maca. Após esta diminuição, a perda foi leve e não significativa do dia 60 até o final da prova.

Junto com as mudanças nos parâmetros de textura, principalmente o aumento na firmeza, observou-se que as amostras também apresentaram uma diminuição no teor de umidade durante o período de estocagem (Figura 53).

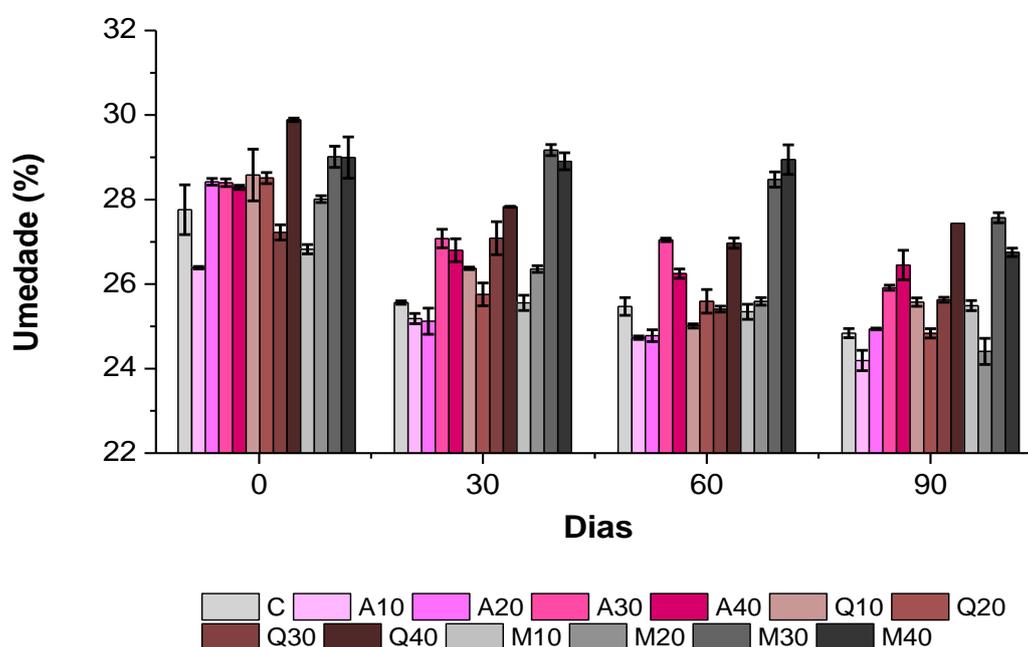


Figura 53 - Efeito do tempo de armazenamento na umidade das massas assadas de panetone com diferentes níveis de adição de farinha de amaranto (A10 = 10%; A20 = 20%; A30 = 30% e A40 = 40% de adição), quinoa (Q10 = 10%; Q20 = 20%; Q30 = 30% e Q40 = 40% de adição) ou maca (M10 = 10%; M20 = 20%; M30 = 30% e M40 = 40% de adição).

Nos períodos analisados, verificou-se a tendência de uma perda de umidade em todos os ensaios. Ao fim do período de estocagem, as formulações contendo 10 e 20 % de adição de farinhas de amaranto, quinoa e maca apresentaram valores próximos ao controle (entre 24,19 e 25,57 %). Apesar das amostras apresentarem similar taxa de ressecamento (2 – 3 %, 90 dias), os teores de umidade variaram com a porcentagem de adição das farinhas. As amostras contendo 30 e 40 % de adição, que apresentaram

umidades iniciais elevadas em comparação ao controle, também apresentaram tendência de perda de umidade ao longo do tempo de armazenamento, alcançando valores entre 25,62 % e 27,57 % ao fim do período, sendo que comparado com as outras formulações estes valores foram elevados.

5.4.7 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Para a condução da análise sensorial, pelo teste de aceitação, com base nos critérios de qualidade observados nos resultados como volume e textura além da cor e altura das amostras, e com o objetivo de incorporar o maior teor possível das farinhas estudadas, a fim de se obter um produto de elevado valor nutritivo e aceito sensorialmente, foram selecionadas as amostras obtidas com adição de 10 % de farinha de maca, 20 % de farinha de quinoa e 30 % de farinha de amaranto. De acordo com os resultados, estas amostras apresentaram valores de volume específico, maciez e de cor próximos ao controle (MCCARTHY et al., 2005).

Na Tabela 32 são apresentadas as médias dos valores hedônicos obtidos nos testes de aceitabilidade e intenção de compra.

Tabela 32 - Resultados da avaliação da aceitabilidade e intenção de compra das amostras de panetone frutado com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) ou maca (M)

Produto ¹	Atributos de aceitação					
	Textura	Sabor	Aroma	Cor	Aspecto geral	Intenção de compra
Controle	7,54 ^a ± 1,29	7,20 ^a ± 1,33	7,44 ^a ± 1,47	7,40 ^a ± 1,39	7,51 ^a ± 1,16	3,83 ^a ± 0,95
A30	6,98 ^{ab} ± 1,68	6,45 ^b ± 1,84	6,81 ^{ab} ± 1,73	7,11 ^a ± 1,40	6,81 ^b ± 1,74	3,28 ^b ± 1,06
Q20	6,69 ^b ± 1,51	5,83 ^c ± 1,96	5,99 ^c ± 1,75	7,13 ^a ± 1,59	6,46 ^b ± 1,63	2,71 ^c ± 1,17
M10	6,99 ^{ab} ± 1,54	6,28 ^{bc} ± 1,92	6,55 ^{bc} ± 1,81	6,81 ^a ± 1,62	6,63 ^b ± 1,70	3,22 ^b ± 1,12

¹O número após a letra de identificação da amostra indica a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 30 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Para uma melhor compreensão dos resultados, a Figura 54 apresenta os valores sensoriais em escala hedônica. Verifica-se que a formulação controle mostrou superioridade em relação às outras formulações. As médias dos valores para esta amostra variaram de 7,0 a 7,5, ou seja, valores que indicam “gostei regularmente” e próximo de “gostei muito”.

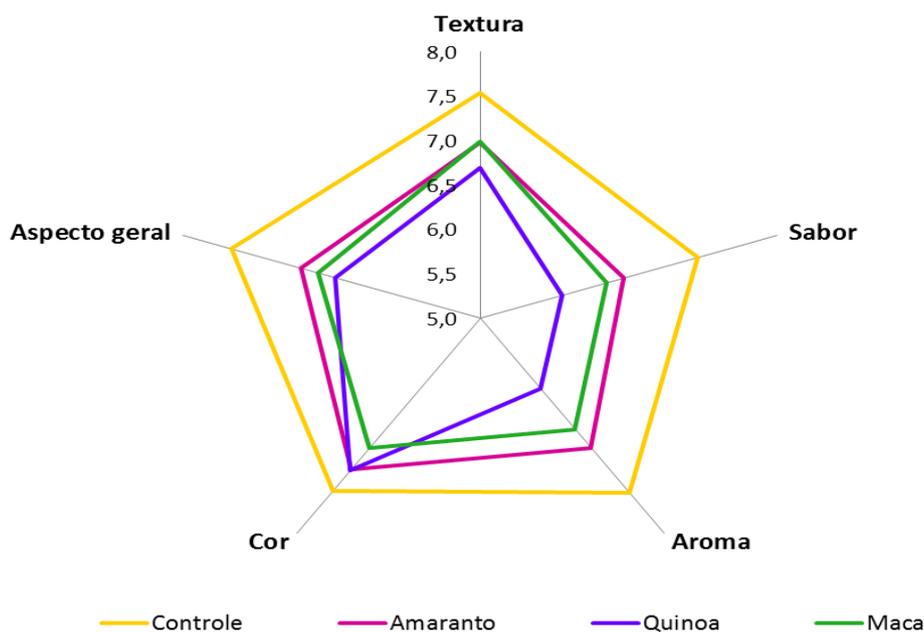


Figura 54 - Resultados do teste de avaliação de aceitabilidade de amostras de panetone frutado elaborado com a adição de farinha de amaranto (30 %), quinoa (20 %) ou maca (10 %).

Entre as amostras, observa-se que a formulação contendo 30 % de farinha de amaranto foi julgada como sendo similar à formulação controle para a aceitação sensorial dos atributos de textura, aroma e cor, sendo observada diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para os atributos sabor e aspecto geral. As médias dos valores para esta amostra variaram de 6,5 a 7,1, ou seja, valores entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”. Em comparação com as outras formulações, as médias na faixa hedônica indicam que esta amostra foi significativamente mais aceitável do que as outras formulações. Entre as principais observações positivas feitas pelos avaliadores para esta formulação citam-se a textura macia e aroma e sabor agradáveis.

Apesar da amostra com 10 % de adição de farinha de maca ter apresentado maior escurecimento do miolo, essa diferença não foi significativa ($p > 0,05$) do ponto de vista de aceitação e a amostra apresentou valores na faixa hedônica de 6,3 a 7,0, que indicam uma melhor aceitação em relação à amostra contendo farinha de quinoa. Durante a avaliação, alguns provadores indicaram a sensação de sabor amargo para esta amostra. Esta influência no gosto pode ser devido à presença de componentes menores como alcaloides presentes na maca (DINI et al., 1994).

A amostra com 20 % de adição de farinha de quinoa mostrou os menores valores de aceitabilidade ($p < 0,05$), principalmente para os atributos de textura, sabor e aroma (de 5,8 a 6,7), sendo localizadas entre os termos “indiferente” e “gostei regularmente”. No estudo feito por Lorenz, Coulter e Johnson (1995), foi observado que amostras de pão elaboradas com substituição de farinha de trigo por 20 % de farinha de quinoa apresentaram boa aceitação, com pontuações ligeiramente superiores para textura e aparência, sendo que acima desta percentagem, o principal problema se encontrava relacionado ao sabor. No presente estudo, além do aroma, a menor aceitabilidade da amostra também foi relacionada ao sabor. Entre as principais observações feitas pelos avaliadores se citam comentários indicando que a amostra com adição de farinha de quinoa apresentou sabor descrito como amargo. Isto pode ser devido a saponinas presentes as quais conferiram o sabor amargo identificado pelos provadores (KOZIOL, 1992). De acordo com Koziol (1992), na elaboração de pães, a substituição com ≥ 20 % de quinoa acarreta em produtos inaceitáveis. Nesse sentido, acredita-se, que uma substituição com menos de 20 % seja adequada para melhorar a aceitabilidade do produto.

Na avaliação do aspecto geral do produto, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a formulação controle e as amostras com adição de farinha de amaranto, quinoa e maca, que obtiveram medias de 6,5 a 6,8, sendo localizadas no termo “gostei ligeiramente” e próximo de “gostei regularmente”.

Quanto à intenção de compra (Tabela 32 e Figura 55), observou-se que a amostra controle apresentou média de 3,8, sendo que 47,5 % dos avaliadores responderam que “provavelmente comprariam” o produto.

Para as formulações contendo farinha de amaranto e maca, dentre os 80 provadores que avaliaram o produto, 35,0 % e 33,8 % (escores 3,28 e 3,22 respectivamente) revelou dúvida se compraria (talvez comprasse ou talvez não comprasse) o produto. No entanto, também foi observado que 27,5 % e 20,0 %, respectivamente, revelou que provavelmente compraria o produto e 15,0 % e 13,8 %, respectivamente, certamente compraria o produto. Por outro lado, a formulação com adição de farinha de quinoa apresentou média de 2,71, sendo que 36,0 % dos provadores provavelmente não compraria o produto e apenas 7,5 % apresentou votação para a opção certamente compraria o produto.

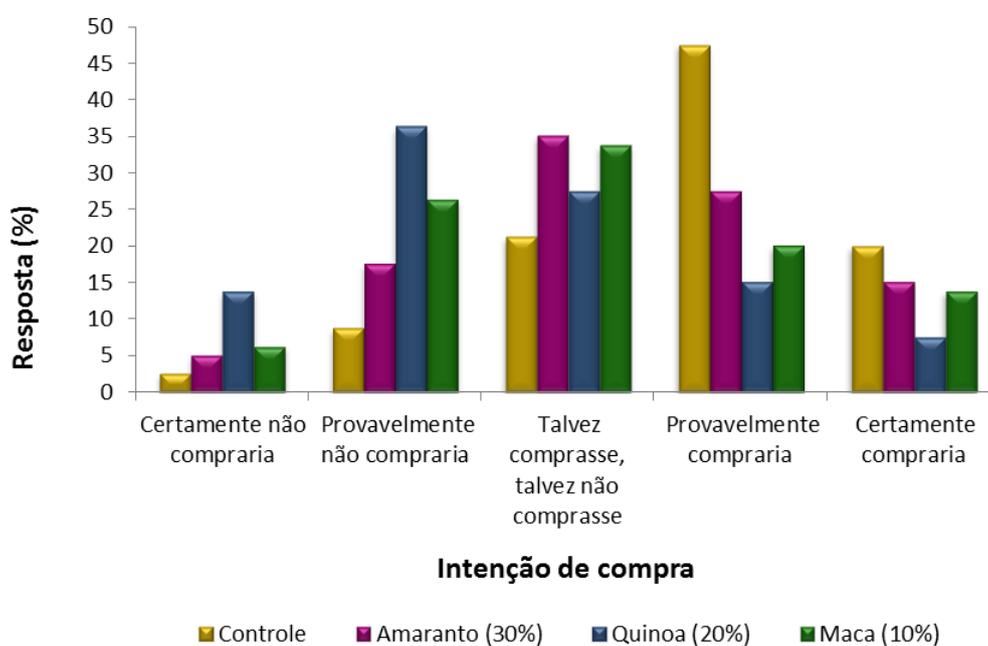


Figura 55 - Resultados da intenção de compra das amostras de panetone frutado elaborado com a adição de farinha de amaranato (30 %), quinoa (20 %) ou maca (10 %).

Os resultados da análise sensorial indicam que houve maior aceitação da amostra que teve adição de 30% de farinha de amaranato. No entanto, a intenção de compra sugere que os provadores mostraram indiferença no momento de definir a compra do produto.

5.4.8 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

A Tabela 33 apresenta as características físico-químicas das formulações com adição de frutas cristalizadas e uva passa que foram avaliadas sensorialmente.

Observa-se que houve diminuição significativa do volume específico com a adição das farinhas de quinoa e maca em relação à formulação controle. Esta diminuição dos valores, quando comparados com as massas assadas sem frutas, se encontra diretamente influenciada pela adição da uva passa e frutas cristalizadas. No entanto, mesmo com a adição, a formulação contendo farinha de amaranato mostrou também melhores resultados de altura (81,65 mm), indicando uma melhor estrutura da massa.

Tabela 33 - Propriedades físico-químicas de panetone com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	Vol. Espec. (mL/g)	Densidade (g/mL)	Umidade (%)	Altura (mm)	pH	Cor do miolo					
						L*	a*	b*	H _{ab} (graus)	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
Controle	3,24 ^a ± 0,07	0,31 ^b ± 0,01	25,63 ^a ± 0,34	86,45 ^a ± 2,15	5,75 ^c ± 0,02	63,37 ^a ± 0,05	2,53 ^c ± 0,01	36,48 ^c ± 0,08	86,08 ^a ± 0,02	36,57 ^d ± 0,08	-
A30	2,83 ^{ab} ± 0,12	0,35 ^{ab} ± 0,01	26,04 ^a ± 0,22	81,65 ^{ab} ± 3,25	5,96 ^a ± 0,01	58,22 ^c ± 0,02	5,51 ^a ± 0,03	38,29 ^a ± 0,06	81,86 ^c ± 0,05	38,68 ^a ± 0,05	6,29
Q20	2,75 ^b ± 0,26	0,37 ^a ± 0,04	26,15 ^a ± 2,38	79,93 ^b ± 0,11	5,89 ^b ± 0,03	59,60 ^b ± 0,04	4,46 ^b ± 0,03	38,15 ^a ± 0,14	83,38 ^b ± 0,06	38,41 ^b ± 0,13	4,56
M10	2,78 ^b ± 0,06	0,36 ^{ab} ± 0,01	25,62 ^a ± 0,28	81,25 ^{ab} ± 0,91	5,70 ^d ± 0,02	57,39 ^d ± 0,02	5,45 ^a ± 0,03	37,00 ^b ± 0,05	81,67 ^c ± 0,05	37,40 ^c ± 0,04	6,68

¹O número após a letra de identificação da amostra indica a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 30 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

A Figura 56 mostra a aparência do miolo das amostras com adição de farinha de amaranto, quinoa e maca, com alvéolos distribuídos de forma heterogênea.



Figura 56 - Amostras de panetone. A) controle (farinha de trigo), B) 30% de adição de farinha de amaranto, C) 20% de adição de farinha de quinoa e D) 10% de adição de farinha de maca.

Os resultados para as coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* mostraram que as formulações apresentaram elevada diferença total de cor (ΔE^*_{ab}) em relação ao controle. A diminuição significativa ($p < 0,05$) dos valores de L^* indica que os produtos apresentaram miolos mais escuros, sendo que esta diminuição da luminosidade foi maior principalmente na amostra contendo adição de farinha de maca (57,39), como esperado, devido a que esta matéria prima apresentou uma cor mais escura (CAPÍTULO 3). Na análise sensorial, este escurecimento da cor na formulação também foi percebido pelos

avaliadores, porém este parâmetro não influenciou significativamente na aceitabilidade do produto.

A análise do perfil de textura (Tabela 34) das formulações contendo adição de 30 % de farinha de amaranto e 20 % de farinha de quinoa, demonstrou valores de firmeza próximos ao controle. Estas formulações também apresentaram valores elevados de elasticidade e coesividade ($p < 0,05$).

Tabela 34 - Análise do perfil de textura dos panetones com adição de farinha de amaranto (A), quinoa (Q) e maca (M)

Amostra ¹	Firmeza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade	Resiliência
	N		N		
Controle	4,42 ^b ± 0,46	0,72 ^b ± 0,01	0,37 ^b ± 0,01	1,16 ^c ± 0,16	0,09 ^c ± 0,01
A30	5,17 ^{ab} ± 0,91	0,73 ^{ab} ± 0,02	0,44 ^a ± 0,00	1,52 ^{bc} ± 0,16	0,12 ^b ± 0,00
Q20	5,88 ^{ab} ± 0,57	0,80 ^a ± 0,03	0,45 ^a ± 0,00	2,25 ^a ± 0,35	0,14 ^a ± 0,00
M10	6,80 ^a ± 0,63	0,71 ^b ± 0,04	0,39 ^b ± 0,01	1,89 ^{ab} ± 0,09	0,10 ^c ± 0,00

¹O número após a letra de identificação da amostra indica a porcentagem de substituição da farinha de trigo (10 – 30 %).

Valores médios seguidos por letras diferentes, para cada parâmetro, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Avaliando os resultados da caracterização das formulações utilizadas na análise sensorial, observou-se que as amostras apresentaram menor volume específico e um miolo mais escuro, no entanto as outras características físico-químicas como umidade, cor da crosta, e textura se encontraram próximos ou dentro dos valores observados em amostras comerciais (CAPITULO 2).

5.5 CONCLUSÕES

- A substituição da farinha de trigo em diferentes níveis (0 – 40 %) pelas farinhas de amaranto e quinoa aumentou os teores de proteínas, lipídeos e cinzas;
- A adição das farinhas ocasionou uma diminuição gradativa do volume e com isso um aumento proporcional da densidade da massa assada. As formulações enriquecidas com 10 % de farinha de maca e 10 % e 20 % de farinha de amaranto e quinoa apresentaram volume específico próximo à formulação controle. Com 30 % de adição, a farinha de amaranto afetou o volume em menor proporção do que as outras farinhas;
- No miolo, as amostras contendo 10, 20 e 30 % de adição de farinha de amaranto e quinoa apresentaram valores de L^* próximos ao controle, enquanto que as amostras contendo adição de farinha de maca apresentaram um maior escurecimento e maiores diferenças totais da cor;
- A análise de imagem mostrou uma diminuição da área total de células e aumento no número de células de menor tamanho em amostras com adição de farinha de maca e amaranto;
- Ao longo do período de armazenamento, houve um aumento significativo ($p < 0,05$) da firmeza e mastigabilidade e uma diminuição da umidade das amostras;
- A formulação contendo 30 % farinha de amaranto apresentou a melhor aceitabilidade ($p < 0,05$), sendo que os atributos textura, sabor, aroma e cor tiveram escores localizados entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”. Entre os avaliadores houve uma maior indiferença no momento de definir a compra do produto (talvez comprasse, talvez não comprasse), com 35%, no entanto, também foi observado que 27,5 % e 15,0 % revelaram que provavelmente comprariam e certamente compraria o produto respectivamente.

5.6 REFERÊNCIAS

ABUGOCH, J.L.E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.58, p.1-31, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Resolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 15 nov. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.90, de 18 de outubro de 2000**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC_90_2000.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 27 dec. 2013.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.60, suppl.4, p.240-257, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Sciences and Technology**, v.21, p.106-113, 2010

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free formulations. **European Food Research and Technology**, v.230, n.3, p.437-445, 2010a.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v.119, n.2, p.770-778, 2010b.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000. v.2.

BENEJAM, W.; STEFFOLANI, M.E.; LEÓN, A.E. Use of enzyme to improve the technological quality of a panettone like baked product. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, n.12, p.2431-2437, 2009.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427p. (Food Science and Technology International Series).

CAPRILES, V.D. Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecidos com frutanos, pra intervenção em celíacos. São Paulo,

2009. 199p. Tese Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

CHAUHAN, G.S.; ZILLMAN, R.R.; ESKIN, N.A.M. Dough mixing and breadmaking properties of quinoa-wheat flour blends. **International Journal of Food Science and Technology**, v.27, n.6, p.701-705, 1992.

DINI, A.; MIGLIUOLO, G.; RASTRELLI, L.; SATURNINO, P.; SCHETTINO, O. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. **Food Chemistry**, v.49, n.4, p.347-349, 1994.

DOXASTAKIS, G.; ZAFIRIADIS, I.; IRAKLI, M.; MARLANI, H.; TANANAKI, C. Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. **Food Chemistry**, v.77, n.2, p.219-227, 2002.

EDWARDS, W.P. Science. In: _____, eds. **The science of bakery products**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2007. Cap.2, p.11-55.

ENRIQUEZ, N.; PELTZER, M.; RAIMUNDI, A.; TOSI, V.; POLLIO, M.L. Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their breadmaking quality. **Journal of the Argentine Chemical Society**, v.91, n.4/6, p.47-54, 2003.

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, v.35, n.4, p.383-393, 2004.

ESTELLER, M.S.; ZANCANARO Jr., O.; PALMEIRA, C.N.S.; LANNES, S.C.S. The effect of kefir addition on microstructure parameters and physical properties of porous white bread. **European Food Research and Technology**, v.222, n.1/2, p.26-31, 2006.

FRANCIS, F.J.; CLYDESDALE, F.M. Food Chemistry: Theory and Applications In: FERREIRA, V.L.P. (Coord.). **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**. Campinas: ITAL, 1981.

GALLAGHER, E.; MCCARTHY, D.; GROMLEY, R.; AREDNT, E. **Improving the quality of gluten-free products**. Dublin: Teagasc, 2004. 36p. (National Food Centre. Research Report, n.67).

GRAY, J.A.; BEMILLER, J.N. Bread staling: molecular basis and control. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.2, n.1, p.1-21, 2003.

KOZIOL, M.J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Composition and Analysis**, n.5, n.1, p.35-68, 1992.

KOZIOL, M. Quinoa: a potential new oil crop. In: JANICK, J.; SIMON, J.E., eds. **New crops**. New York: Wiley, 1993. p.328-336. [Proceedings of the Second National Symposium New Crops--Exploration, Research, and Commercialization, Indianapolis, Indiana, October 6-9, 1991].

LORENZ, K.; COULTER, L.; JOHNSON, D. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. **Developments in Food Science**, v.37, n.1, p.1031-1041, 1995.

MCCANN, T.H.; SMALL, D.M.; BATEY, I.L.; WRIGLEY, C.W.; DAY, L. Protein-lipid interactions in gluten elucidated using acetic-acid fractionation. **Food Chemistry**, v.115, p.105-112, 2009.

MCCARTY, D.F.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; SCHOBBER, T.J.; ARENDT, E.K. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. **Cereal Chemistry**, v.82, n.5, p.609-615, 2005.

MOORE, M.M.; SCHOBBER, T.J.; DOCKERY, P.; ARENDT, E.K. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. **Cereal Chemistry**, v.81, n.5, p.567-575, 2004.

PARK, S.H.; MAEDA, T.; MORITA, N. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, v.52, n.4, p.337-343, 2005.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, v.49, n.2, p.190-201, 2009.

PUOCI, F.; MALANCHIN, R.; PIANGIOLINO, C.; RESTUCCIA, D.; CURCIO, M.; PARISI, O.I.; CIRILLO, G.; PICCI, N. Maca flour: a powerful ingredient for functionally enhanced bread. **International Food Research Journal**, v.20, n.3, p.1293-1300, 2013.

RAO, P.; NUSSINOVITCH, A.; CHINACHOTI, P. Effects of selected surfactants and amylopectin recrystallization and recoverability of bread crumbs during storage. **Cereal Chemistry**, v.69, n.6, p.613-618, 1992.

RIBOTTA, P.D.; ARNULPHI, S.A.; LEÓN, A.E.; AÑÓN, M.C. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, n.11, p.1889-1896, 2005.

ROSELL, C.M.; CORTEZ, G.; REPO-CARRASCO, R. Breadmaking use of the Andean crops quinoa, kaniwa, kiwicha, and tarwi (*Lupinus mutabilis*). **Cereal Chemistry**, v.86, n.4, p.386-392, 2009.

ROSENTHAL, A.L. **Textura de los alimentos. Medida y percepción**. Zaragoza España: Editorial Acribia, S.A., 2001. 299p.

SANZ-PENELLA, J.M.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-SMIETANA, M.; HAROS, M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive values. **LWT – Food Science and Technology**, v.50, n.2, p.679-685, 2013.

SCANLON, M.G.; ZGHAL, M.C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v.34, n.10, p.841-864, 2001.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E.K.; BELLO, F.D., eds. **Gluten-free cereal products and beverages**. Boston: Academic Press, 2008. cap.7, p.149-190. (Food science and technology).

SILVA, G.M.; TURINEK, M.; JAKOP, M.; BAVEC, M.; BAVEC, F. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. **Agricultura**, n.6, n.2, p.43-53, 2009.

SOZER, N.; DOGAN, H.; KOKINI, J.L. Textural properties and their correlation cell structure in porous food materials. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.5, p.1498-1507, 2011.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, n.4, p.215-225, 2002.

SZCZESNIAK, A.S. 1998. Effect of storage on texture. In: TAUB, I.A.; SINGH, R.P. (Eds.) **Food Storage stability**. New York: CRC Press, cap.8, p.191 – 244, 1998.

TORRIERI, E.; PEPE, O.; VENTORINO, V.; MASI, P.; CAVELLA, S. Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. **LWT – Food Science and Technology**, v.56, p.508-516, 2014.

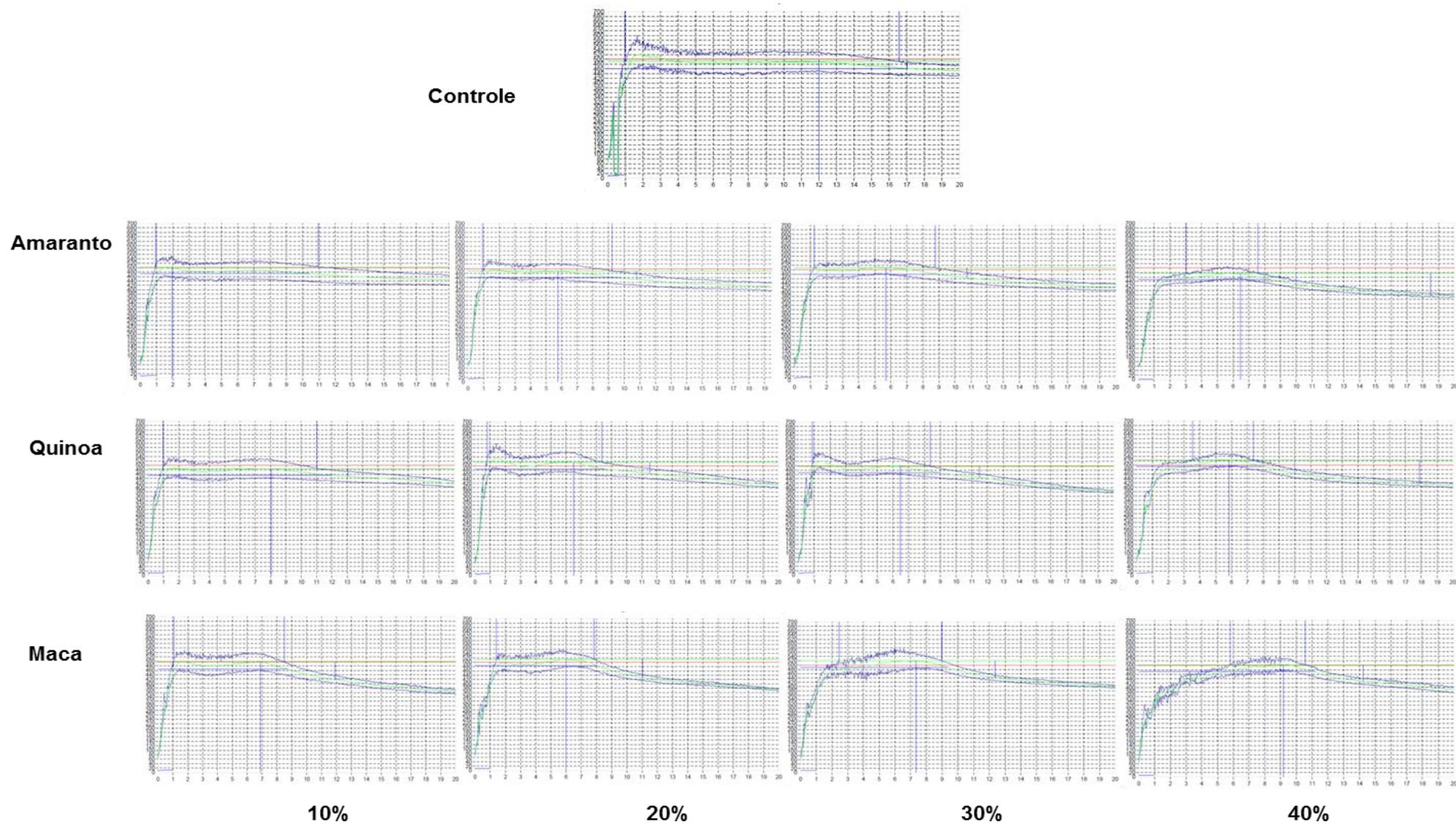
TOSI, E.A.; RÉ, E.D.; MASCIARELLI, R.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; DE LA TORRE, M.A. Whole and defatted hyperproteic amaranth flour tested as wheat flour supplementation in mold breads. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.35, n.5, p.472-475, 2002.

6 CONCLUSÕES GERAIS

A inclusão das farinhas de amaranto, quinoa e maca na elaboração panetone permitiu as seguintes conclusões:

- O aumento no nível de substituição da farinha de trigo pelas farinhas de amaranto, quinoa ou maca afetou a composição química, cor, número de queda e a distribuição granulométrica das farinhas mistas, levando à produção de farinhas escuras, com granulometria mais grosseira, com a adição de farinha de amaranto, e mais fina, com a adição de farinha de maca, e com aumento no conteúdo de cinzas, lipídeos e proteínas de elevado valor biológico;
- As características reológicas das massas de farinha de trigo foram modificadas. Quanto maior foi o nível de substituição da farinha de trigo, menor a qualidade tecnológica apresentada pelas misturas, expressa principalmente pela redução da estabilidade, tempo de desenvolvimento da massa e extensibilidade;
- A avaliação das massas fermentadas e assadas indicou que as formulações contendo adição de 10 % de farinha de maca, 10 e 20 % de farinhas de amaranto e quinoa e 30% de farinha de amaranto foram as mais promisoras para aplicação no produto final. Sendo as mesmas selecionadas para avaliação sensorial;
- O panetone obtido com adição de 30 % de adição de farinha de amaranto apresentou melhor aceitabilidade e intenção de compra pelos consumidores. No entanto, a menor aceitação do produto contendo farinha de quinoa, devido ao sabor apresentado, indicou que uma boa alternativa pra incluir esta farinha seria a elaboração de um produto com menos de 20 % de adição.

ANEXOS

ANEXO A - Farinogramas e extensogramas das farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca.**Figura 1 - Análise farinográfica das farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca**

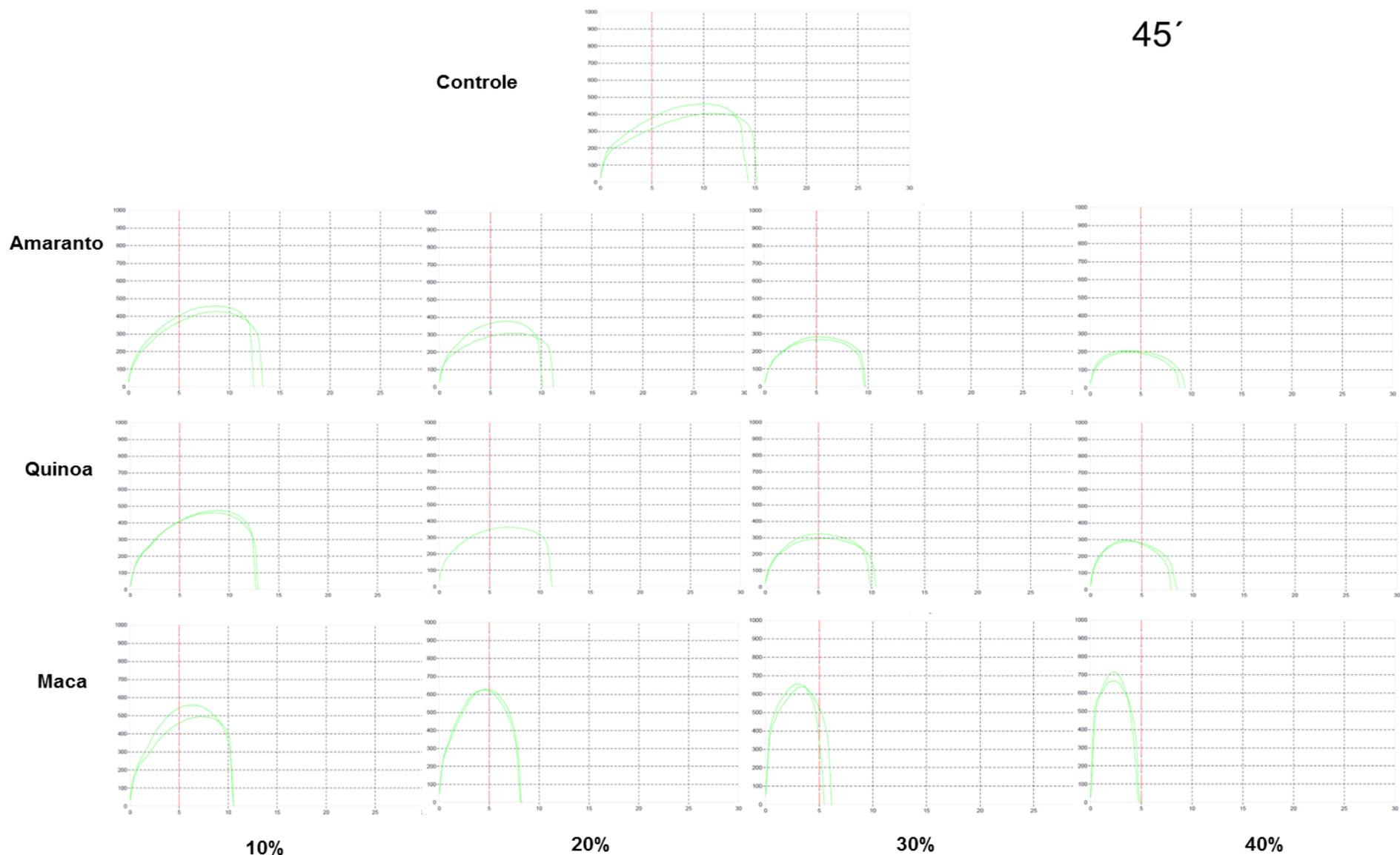


Figura 2 - Análise extensográfica das farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca (45 min).

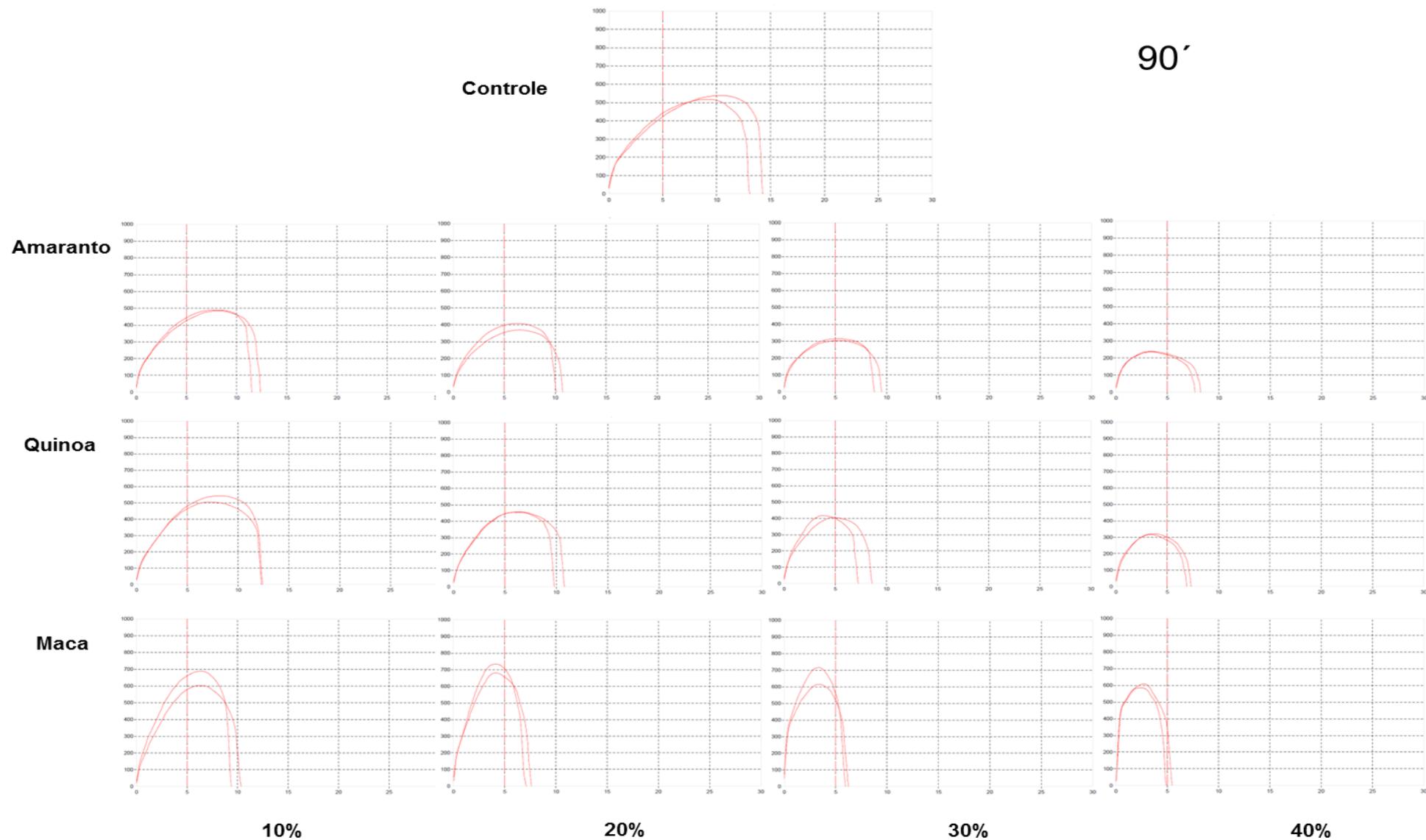


Figura 3 - Análise extensográfica das farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca (90 min).

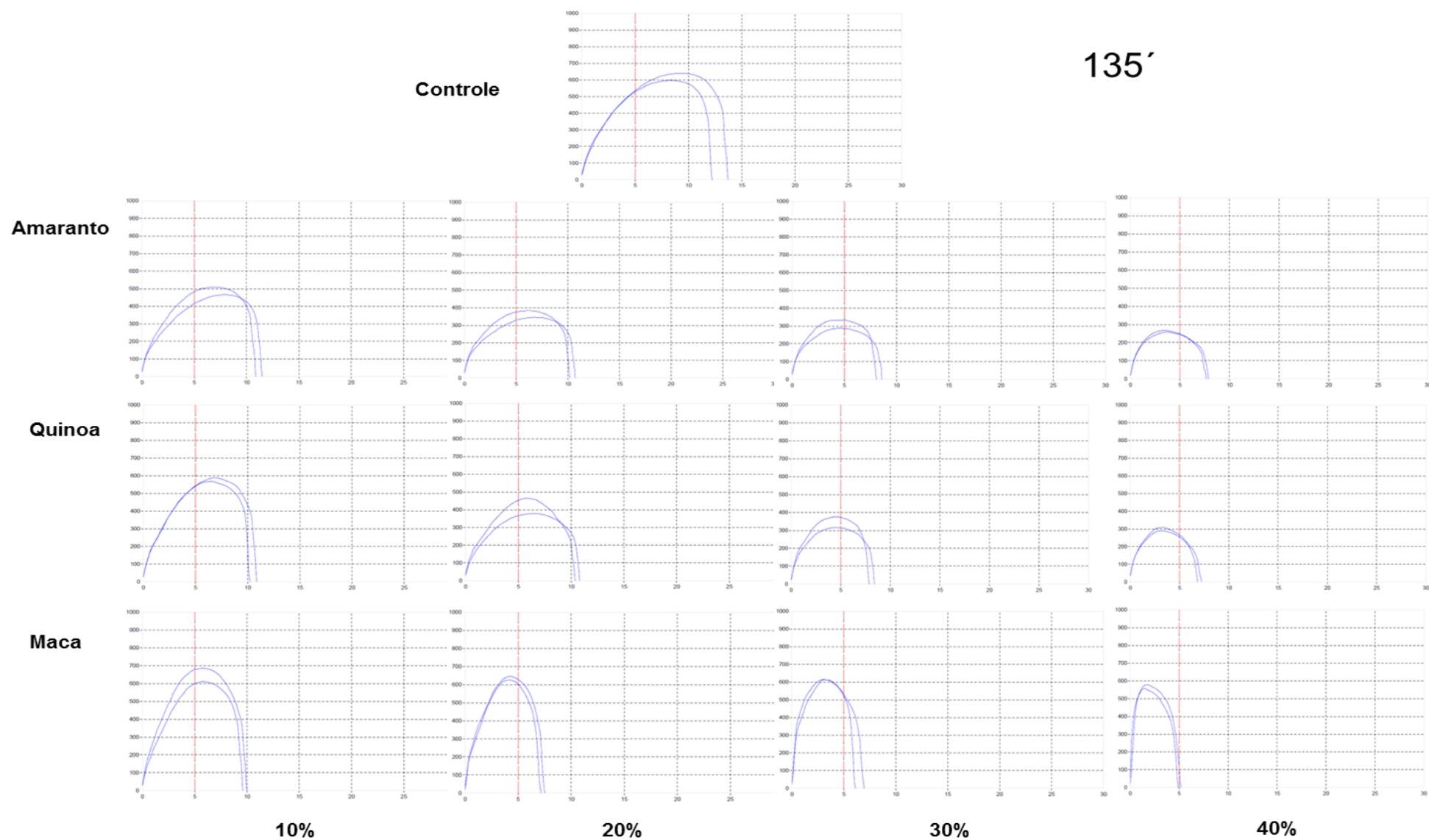


Figura 4 - Análise extensográfica das farinhas mistas de amaranto, quinoa e maca (135 min).

ANEXO B - Laudo da farinha de trigo



SAN.GQ.RG.025

PRODUTO
PROPAN 75

DADOS DO PRODUTO

Data de Fabricação	05/04/11
Nota Fiscal	
Quantidade	-
Lote	-
Cliente	-
Data da Expedição	05/04/11
Mescla de Trigo Utilizada	-

ESPECIFICAÇÕES
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Umidade (%)	14,5 máx.	13,80
Cinzas (% Base Seca)*	0,55 a 0,65	0,60
Falling-Number (s)*	min. 300	300
Glúten Úmido (%)	min. 27,0	27,10
Glúten Seco (%)	Não aplicável	Não aplicável
Glúten Index (%)	Não aplicável	Não aplicável
Cor (L)	92,0 a 93,0	92,88
Cor (b)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 250 micra)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 125 micra)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 100 micra)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 115 Mesh)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 60 Mesh)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - 42 Mesh)	Não aplicável	Não aplicável
Granulometria (% Retida - Base)	Não aplicável	Não aplicável
Proteína (Nx5,75) (%Base Seca)	min 7,5*	10,75
Acidez Graxa (mg KOH)	máx 100*	19,67
Amido Danificado (%)*	7,5 a 9,0	7,11

FARINOGRAFIA

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Absorção de Água (%)	min. 57,0	60,5
Tempo de Desenvolvimento (min)*	Não aplicável	Não aplicável
Estabilidade (min)*	min. 14,0	11,2
Índice de Tolerância (UB)*	30 máx.	30

ALVEOGRAFIA

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
P (mm)	Não aplicável	Não aplicável
L (mm)	Não aplicável	Não aplicável
P/L	1,0 a 1,6	1,98
W x 10 ³	290 a 360	260

EXTENSOGRAFIA

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Absorção com Sal (%)	Não aplicável	Não aplicável
Resistência (UB) - 45 min.*	Não aplicável	Não aplicável
Resistência (UB) - 90 min.	350 a 460	402
Extensibilidade (mm) - 45 min.*	Não aplicável	Não aplicável
Extensibilidade (mm) - 90 min.	150 a 200	150
R/E*	Não aplicável	Não aplicável

CARACTERÍSTICA SENSORIAL

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Cor	característico	característico
Aparência	característico	característico
Odor	característico	característico
Sabor	característico	característico

PANIFICAÇÃO

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Absorção de água (%)	Não aplicável	Não aplicável
Volume Específico (cm ³ /g)	Não aplicável	Não aplicável
Desenvolvimento 2 ^o veloc. (min)	Não aplicável	Não aplicável
Tempo de Fermentação (min)	Não aplicável	Não aplicável
Diâmetro de fermentação (cm)	Não aplicável	Não aplicável
Cor da Casca	Não aplicável	Não aplicável
Cor do Miolo	Não aplicável	Não aplicável
Alveolação	Não aplicável	Não aplicável
Textura da Casca	Não aplicável	Não aplicável
Pestana	Não aplicável	Não aplicável

Este produto é produzido segundo os critérios de boas práticas de fabricação, estando em consonância com os níveis toleráveis na matéria-prima empregada, estabelecidos pela legislação específica, no que tange a resíduos de pesticidas, contaminantes inorgânicos

* As informações contidas neste documento seguem os parâmetros estabelecidos pelo nosso Sistema da Qualidade
Solicitamos mantê-lo atualizado contactando a área comercial da Bunge Alimentos *

Bunge Alimentos S.A.
Rua Xavier da Silveira, 86-94/108 - Paquetá - Santos - SP
CEP: 11013-928 - www.bungealimentos.com.br
Fone/Fax: 0800-7091899 - Fone SAC: 0800-7275544 - sac@bunge.com

CERTIFICADO DE QUALIDADE

Laudo Nº: 002/04/11

FERRO E ÁCIDO FÓLICO*

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Fonte de Ferro Utilizada	Ferro Reduzido	
Quantidade (ppm)	-	-

MICROBIOLOGIA*

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Bacillus cereus (UFC/g)	máx 3x10 ⁴	< 100
Coliforme a 45°C (UFC/g)	máx 1x10 ⁴	< 3,0
Salmonella sp (em 25g)	Ausência	Ausência

MICROSCOPIA E MACROSCOPIA*

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Matérias Prejudiciais à Saúde Humana	Ausência	Ausente

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Porção de 50g (1/2 xícara)		% VD*	100 g
Quantidade por porção			
Valor Energético	165kcal = 693kJ	8%	330kcal = 1386kJ
Carboidratos	35g	12%	70g
Proteínas	5g	7%	10g
Gorduras Totais	0,5g	1%	1g
Gorduras Saturadas	0g	0%	0g
Gorduras Trans	Não contém	**	Não contém
Colesterol	0mg	**	0mg
Fibra alimentar	2g	8%	4g
Sódio	0mg	0%	0mg
Ferro	2,1mg	15%	4,2mg
Ácido Fólico	75mcg	19%	150mcg

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. **% VD não estabelecidos

OBSERVAÇÕES:

*Análise de referência para caracterização do produto - não se tratando de conformidade de produto

Alteração da especificação pelo cliente.

VALIDADE 05/07/11

90 dias a partir da data de fabricação, sob condições adequadas de armazenagem.

TRANSPORTE / EMBALAGEM

PLACA DO VEÍCULO


GARANTIA DA QUALIDADE

ANEXO C – Ficha técnica: GRINDAMYL MAX LIFE

GENENCOR DIVISION
Food Enzymes
foodenzymes@danisco.com
www.danisco.com

Página 1 / 3

Válido a partir de: 9 de outubro de 2013



DESCRIÇÃO DE PRODUTO - PD 241698-2.0PT

GRINDAMYL® MAX-LIFE 25 B Bakery Enzyme

Descrição

GRINDAMYL® MAX-LIFE 25 B é um complexo enzimático amilolítico produzido por fermentação de cepas selecionadas de fungos e bactérias.

Áreas de aplicação

Pães e produtos de panificação.

Benefícios potenciais

- Aumenta maciez do pães
- Aumenta a vida útil do pão

Dosagens

Baseado no peso da farinha 200-600 ppm
correspondendo a 20-60 g/100 kg

Entretanto, como farinhas e processos diferentes têm necessidades diferentes, devem ser feitos testes até que se chegue à dosagem correta.

Instruções de uso

GRINDAMYL® MAX-LIFE 25 B deve ser misturado na farinha, pré-misturas ou "bread improvers" juntamente com os outros ingredientes secos.

O efeito de GRINDAMYL® MAX-LIFE 25 B ocorre durante a fermentação e o processo de forneamento, e a enzima é inativada durante o forneamento.

Composição

GRINDAMYL® MAX-LIFE 25 B é composto por:

- Cloreto de sódio
- Amido de trigo
- Maltodextrina
- Proteína
- Oleína de palma
- Citrato trissódico

Especificações físico-químicas

Forma física microgranulado isento de pó
Cor* creme
Atividade enzimática min. 170 FAU/g

*Variação de cor pode ocorrer dependendo do lote.

Especificações microbiológicas

Contagem total viável abaixo de 50000 /grama
Coliformes abaixo de 30 /grama
E. coli ausente em 25 grama
Salmonella sp ausente em 25 grama
Micotoxinas* negativo
Atividade antibiótica negativo

* Aflatoxin B1, ochratoxin A, sterigmatocystin, T-2 toxin, zearalenone

Especificações de metais pesados

Arsênico abaixo de 3 mg/kg
Chumbo abaixo de 5 mg/kg
Metais pesados (como Pb) abaixo de 30 mg/kg

As informações contidas nesta publicação baseiam-se em nosso próprio trabalho de pesquisa e de desenvolvimento e são de nossa total confiança. Entretanto, os usuários devem realizar seus próprios testes para determinar a adequação de nossos produtos a seus fins específicos e as situações jurídicas de uso do produto. As declarações aqui contidas não devem ser consideradas como garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita, e não assumimos nenhuma responsabilidade legal pela infração de qualquer patente.

ANEXO D - Ficha técnica: PANODAN 20

EMULSIFIERS DIVISION
emulsifiers@danisco.com
www.danisco.com

Página 1 / 2

Válido a partir de: 31 de Maio de 2011

DANISCO

First you add knowledge...

DESCRIÇÃO DE PRODUTO - PD 286-13.1PT

Código do material 502867

PANODAN® 20
DATEM

Descrição

PANODAN® 20 é um éster de ácido tartárico diacetilado com mono e diglicerídeos, produzido a partir de gorduras comestíveis refinadas, e contendo carbonato de cálcio como agente antiemectante.

Áreas de aplicação

Produtos de panificação.

Benefícios potenciais

- Reforça a massa de pães devido a sua capacidade de interagir com o glúten
- Melhora retenção de gás
- Promove tolerância à massa
- Aumenta o volume de pães
- Promove crocância na crosta
- Promove uniformidade ao miolo

Dosagens

(Baseado no produto final, a não ser que indicado o contrário.)

0,25-0,50 % na farinha

Composição

PANODAN® 20 é composto por:
DATEM (INS 472e)
Carbonato de cálcio (INS 170)

Especificações físico-químicas

(Métodos de análise disponíveis se solicitados)
Especificações do éster

Índice de acidez	70-80
Índice de saponificação	440-460
Índice de iodo	máx. 2
Forma	pó

Especificações microbiológicas

Contagem total em placa	máx. 5000 /g
Bolores e leveduras	máx. 500 /g
Coliformes	ausente em 0,1 g
Salmonella	ausente em 25 g

Especificações de metais pesados

Arsênico (As)	máx. 3 mg/kg
Chumbo (Pb)	máx. 2 mg/kg
Mercúrio (Hg)	máx. 1 mg/kg
Cádmio (Cd)	máx. 1 mg/kg
Metais pesados (como Pb)	máx. 10 mg/kg

Dados nutricionais

(Valores aproximados por 100 g)

Energia	828/3400 Kcal/kJ
Proteína	não aplicável
Carboidrato	não aplicável
Gordura	92 g
- das quais saturadas	91 g
Ácidos graxos trans	< 1.5 %
Fibra	não aplicável
Sódio	não aplicável

Estocagem

Armazenar na embalagem original, em local fresco e seco, preferencialmente sob temperatura <=25°C/77°F.

Validade: 18 meses

Validade é indicada como mínima a partir da data de produção quando armazenado em embalagem original intacta e as condições específicas de armazenagem observadas.

Transportar em caminhão refrigerado caso o tempo de percurso seja superior a 24 horas.

As informações contidas nesta publicação baseiam-se em nosso próprio trabalho de pesquisa e de desenvolvimento e são de nossa total confiança. Entretanto, os usuários devem realizar seus próprios testes para determinar a adequação de nossos produtos a seus fins específicos e as situações jurídicas de uso do produto. As declarações aqui contidas não devem ser consideradas como garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita, e não assumimos nenhuma responsabilidade legal pela infração de qualquer patente.

ANEXO E – Certificado de qualidade: PROPAN 41 LT



CERTIFICADO DE QUALIDADE

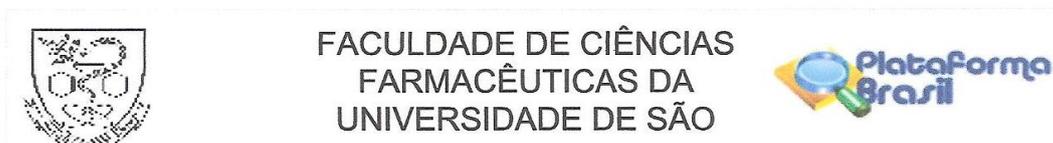
BUNGE ALIMENTOS S.A. - AV: ALEXANDRE MACKENZIE, 70/166, JAGUARE - SAO PAULO SP - Brasil - CEP: 53229-00
www.bungealimentos.com.br - SABE: 0800 702 7105 - Fone SAC:

PRODUTO	Nr. Certificado.: 26646/03	
PROPAN 41 LT		
DADOS DO PRODUTO		
Data de emissão do Certificado	14/09/2011	
Código da Ficha Técnica	B28.4d-1a/4	
Data de Validade	12/03/2012	
Número do lote	134428	
Data de Fabricação	14/09/2011	
ESPECIFICAÇÕES		
ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Aspecto (escala 1 - 5)	Mín.: 5 Máx.: 5	5
Cor - Vermelho	Máx.: 3,5	2,3
Gorduras Saturadas (%)	Mín.: 47 Máx.: 53	50
Gorduras Trans (%)	Máx.: 1	0
Ponto de Gotejamento Mettler	Mín.: 35 Máx.: 41	40
SFC % 10,0 (°C)	Mín.: 45 Máx.: 55	55
SFC % 33,3 (°C)	Mín.: 5 Máx.: 9	8
SFC % 37,8 (°C)	Máx.: 6	6
Sabor / Odor (escala 1 - 10)	Mín.: 8	8
Índice de Acidez (mg KOH/g)	Máx.: 0,10	0,04
Índice de Peróxido (meq/kg)	Máx.: 0,5	0,0
VALORES TÍPICOS		
ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO*
Estab Rancimat - 130 oC 20 l/h	Mín.: 10	12
Índice de Iodo	Mín.: 50 Máx.: 55	53
Ponto de Fumaça (°C)	Mín.: 225	276
SFC % 21,1 (°C)	Mín.: 15 Máx.: 23	21
SFC % 26,7 (°C)	Mín.: 8 Máx.: 15	12
Arsênio (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Chumbo (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Cobre (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Coliformes a 45°C (UFC/g)	<1 UFC/g	<1 UFC/g
Estafilo coagulase posi(UFC/g)	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ferro %	<0,5 mg/kg	<0,5 mg/kg
Macroscopia	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03
Microscopia	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03
Níquel (mg/kg)	<0,5 mg/kg	<0,5 mg/kg
Observação:	<p>ASSINATURA ELETRÔNICA</p> <p>CARMEN ISABEL O PASCAL</p> <p>CRQ: 01301897</p> <p>Coordenador de Garantia de Qualidade</p>	

ANEXO F – Certificado de qualidade: PróVTLT 80% / Pró Bisc 80 LT

BUNGE		
CERTIFICADO DE QUALIDADE		
<small>BUNGE ALIMENTOS S.A. - AV: ALEXANDRE MACKENZIE, 70/166, JAGUARE - SAO PAULO SP - Brasil - CEP: 53229-400 www.bungealimentos.com.br - SABE: 0800 702 7105 - Força SAC:</small>		
PRODUTO	Nr. Certificado.: 27452/00	
Bunge Pró VT LT 80% / Pró Bisc 80 LT		
DADOS DO PRODUTO		
Data de emissão do Certificado	13/10/2011	
Código da Ficha Técnica	C7.2d-1/10	
Data de Validade	10/04/2012	
Número do lote	723065	
Data de Fabricação	13/10/2011	
ESPECIFICAÇÕES		
ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Cloretos (% NaCl)	Mín.: 0,3 Máx.: 0,5	0,5
Cor - Amarelo	Mín.: 4,0 Máx.: 7,0	4,0
Cor - Vermelho	Mín.: 1,5 Máx.: 2,5	1,5
Gorduras Trans (%) (100g)	Máx.: 0,8	0,5
Lipídios (%)	Mín.: 80	80
Ponto de Gotejamento Mettler	Mín.: 40,5 Máx.: 45,5	43,6
SFC % 10,0 (°C)	Mín.: 35 Máx.: 41	38
SFC % 33,3 (°C)	Mín.: 9,5 Máx.: 12,5	11,3
SFC % 37,8 (°C)	Mín.: 6 Máx.: 9	8
Índice de Peróxido (meq/kg)	Máx.: 2,0	0,0
Aspecto / Cremosidade	Duro	Duro
Sabor / Odor	Característico	Característico
VALORES TÍPICOS		
ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO*
Bolores Leveduras (UFC/g)	Máx.: 100	0
Coliformes e E.coli (UFC/g)	Ausência	Ausência
Salmonella spp. (25g)	Ausência	Ausência
* Monitoramento realizado periodicamente		
GARANTIA DA QUALIDADE		
Observação:	ASSINATURA ELETRÔNICA	
	CARMEN ISABEL O PASCAL CRQ: 01301897 Coordenador de Garantia de Qualidade	
Este produto atende a regulamentação aplicável na condição em que se apresenta. Informações detalhadas sobre o atendimento às regulamentações, estão disponíveis, se requisitadas. De acordo com seu uso, outras regulamentações podem ser aplicáveis, cabendo ao usuário a responsabilidade de identificá-las e atendê-las. A Bunge Alimentos S.A. reserva-se ao direito de modificar as especificações do produto.		

ANEXO G - Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto (*Amarantus caudatus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone

Pesquisador: Suzana Caetano da Silva Lannes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 33725814.9.0000.0067

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 735.507

Data da Relatoria: 28/07/2014

Apresentação do Projeto:

A proposta do projeto se torna importante a medida que há uma necessidade, cada vez maior, de produzir alimentos industrializados que contenham ações funcionais que possam melhorar a qualidade de vida dos consumidores. Neste sentido, os produtos industrializados que possam ser enriquecidos com elementos nutricionais, amplamente conhecidos por sua ação e benefício aos organismos, devem ser estimulados, visto que, com a industrialização dos alimentos no início do século XX, se perdeu muito em qualidade nutricional, pela necessidade de conservação e custos de processo.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar o efeito da substituição parcial de farinha de trigo por farinhas de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca (*Lepidium meyenii* W.), visando obter produtos nutricionalmente enriquecidos e com características físicas e sensoriais semelhantes com aqueles produzidos exclusivamente com farinha de trigo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Risco mínimo. A falta de informação dos componentes a serem usados pelo sujeito da pesquisa pode ser um risco, visto que o participante da pesquisa deve saber os ingredientes que estão na

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepfcf@usp.br



FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 735.507

composição do alimento, uma vez que este pode ter alergia ou intolerância a algum componente do alimento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem importância na medida que estabelece uma diretriz para alimentação saudável, trazendo benefícios muitas vezes obtidos a longo prazo e na substituição de alimentos menos saudáveis.

Neste sentido, a pesquisa é válida quanto ao seu aspecto sensorial, visto que já é de conhecimento os benefícios nutricionais à saúde dos ingredientes que serão adicionados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE que foi apresentado dá todas as informações necessárias ao participante da pesquisa.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está bem estruturado e o TCLE traz todas as informações pertinentes.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Este CEP entende que o projeto de pesquisa pode ser aprovado.

SAO PAULO, 01 de Agosto de 2014

Assinado por:
Maurício Yonamine
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepfcb@usp.br

ANEXO H - Termo de Consentimento Livre Esclarecido - TCLE



Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

1. Informações do Sujeito da Pesquisa

Nome:			
Documento de Identidade nº:			Sexo: () M () F
Data de Nascimento: / /			
Endereço:		Nº	Complemento:
Bairro:	Cidade:		Estado:
CEP:	Telefones:		

2. Informações do Responsável Legal

Nome:			
Documento de Identidade nº:			Sexo: () M () F
Data de Nascimento: / /			
Endereço:		Nº	Complemento:
Bairro:	Cidade:		Estado:
CEP:	Telefones:		

Título do Projeto de Pesquisa: Efeitos da substituição de gordura por óleos e por extrato de aveia em formulações de bolos: Avaliação estrutural

3.

4. Duração da Pesquisa: 1 ano

5. Nome do pesquisador responsável: Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

Cargo/ Função: Professor Associado Nº do Registro do Conselho Regional:

Instituição: Universidade de São Paulo / FCF TECNOLOGIA BIOQUÍMICO-FARMACÉUTICA

Somos pesquisadoras da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Estamos realizando uma pesquisa para conhecer e aprimorar preparações de panetones. Serão servidas amostras com 20 g de panetones, em prato plástico com garfo plástico, sob temperatura de 20 °C, preparadas com até 24 h de antecedência, produzidas e acondicionadas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação de Alimentos, no Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. O Sr. (a) receberá amostras de panetones formulados contendo os seguintes ingredientes: farinha de trigo, farinha de amaranto, farinha de maca, quinoa, açúcar refinado, ovo em pó, gordura vegetal, margarina, leite em pó integral, emulsificante, fermento biológico, sal refinado e frutas cristalizadas. As análises serão realizadas sempre duas horas antes ou depois das refeições. Convidaremos pessoas que apreciem panetones a experimentar quatro amostras de produtos, identificadas por diferentes números, a registrar suas impressões referentes à textura, sabor, aspecto geral e intenção de compra de cada uma delas. As quatro amostras serão servidas de forma separada, uma por vez, e entre uma amostra e outra o Sr. (a) tomará um pouco de água e, se quiser poderá comer um biscoito água e sal. As avaliações são rápidas e não levarão mais do que 10 minutos e com suas informações poderemos aprimorar a qualidade dos produtos que estamos desenvolvendo, bem como verificar a aceitação dos mesmos, conjugando as suas informações com as conseguidas em laboratório.

Os benefícios serão novas formulações e a melhoria do processo de fabricação para que futuramente o consumidor tenha acesso a produtos diferenciados, com sabor agradável e com características benéficas à saúde.



Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Poderão participar da pesquisa homens e mulheres que gostem de comer panetones (alunos e funcionários da Universidade), maiores de 18 anos, em bom estado de saúde e que não estejam fazendo nenhuma dieta especial. Serão tomados cuidados especiais para evitar que indivíduos subordinados ou diretamente ligados ao pesquisador se sintam obrigados a participar do estudo.

A pesquisa apresenta risco mínimo. Em caso de possíveis problemas alérgicos a algum dos componentes da formulação, estaremos à disposição para o devido amparo, utilizando para assistência médica o Hospital Universitário do campus da capital, cujo encaminhamento se procederá através da pesquisadora responsável pelo projeto (orientadora).

A participação é voluntária e o Sr.(a) terá o direito de desistir a qualquer momento, com inteira liberdade de participar ou não da pesquisa, sem quaisquer represálias. O Sr.(a) será identificado por um número e todas e quaisquer opiniões e dados pessoais serão mantidos em sigilo. Em caso de dúvidas ou quaisquer outros problemas o Sr.(a) poderá interromper sua participação a qualquer momento.

Dessa forma, convido Sr.(a) a participar de nossa pesquisa e caso concorde, por gentileza, assine este documento.

Observações complementares:

Estamos à disposição para responder a quaisquer dúvidas quanto às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa através dos contatos:

Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes (Orientadora)
Av.Prof. Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 30913691

Beatriz Valcarcel Yamani (aluna de Doutorado)
Av.Prof.Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 3091 2689

Consentimento Pós-Esclarecido:

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, concinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, ____ de _____ de 2013.

Assinatura do sujeito de pesquisa
Ou responsável legal

Assinatura do pesquisador responsável

Para qualquer questão, dúvida, esclarecimento ou reclamação sobre aspectos éticos dessa pesquisa, favor entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – Av. Prof. Lineu Prestes, 580 - Bloco 13A – Butantã – São Paulo – CEP 05508-900. Fone: 3091-3622, fone-fax: 3091-3677 – e-mail: cepfcf@usp.br

Obs: O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE deve ser rubricado em todas as folhas, pelo sujeito da pesquisa ou responsável legal e pelo pesquisador responsável, constando as assinaturas na última página. Uma via deverá ser entregue ao sujeito da pesquisa e outra via ficará com o pesquisador responsável que guardará este termo por 5 (cinco) anos.

ANEXO I - Ficha de avaliação sensorial

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PANETONES

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo amostras de panetones. Por favor, prove e avalie as amostras para cada atributo - sabor, maciez e aspecto geral de acordo como as escalas abaixo.

- (1) Desgostei muitíssimo
- (2) Desgostei muito
- (3) Desgostei regularmente
- (4) Desgostei ligeiramente
- (5) Indiferente
- (6) Gostei ligeiramente
- (7) Gostei regularmente
- (8) Gostei muito
- (9) Gostei muitíssimo

Amostra	Textura	Sabor	Aroma	Cor	Aspecto geral

Marque com uma X sim existe diferença entre as amostras

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Caso positivo qual?

2. Indique na escala abaixo o grau de certeza que você estaria disposto a comprar se o encontrasse a venda.

- (1) Certamente não compraria
- (2) Provavelmente não compraria
- (3) Talvez comprasse, tal vez não comprasse
- (4) Provavelmente compraria
- (5) Certamente compraria

Amostra	Avaliação

a. Justifique sua intenção de compra dizendo:

O que você mais gostou do panetone:

Amostra	Avaliação

E que você menos gostou:

Amostra	Avaliação

OBRIGADA POR SUA PARTICIPAÇÃO!