



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

---

# **EFEITO DAS CONCENTRAÇÕES DE $\alpha$ -AMILASE MALTOGÊNICA E GORDURA NA QUALIDADE TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE BOLOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da  
Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de  
**Mestre em Tecnologia de Alimentos.**

**NOELIA SOLEDAD BEDOYA PERALES**

Engenheira de Indústrias Alimentares

**Profa. Dra. CAROLINE JOY STEEL**

Orientadora

Campinas — São Paulo  
2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

B39e Bedoya Perales, Noelia Soledad  
Efeito das concentrações de  $\alpha$ -amilase maltogênica e gordura na  
qualidade tecnológica e sensorial de bolos / Noelia Soledad Bedoya  
Perales. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Caroline Joy Steel  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Bolo. 2. Gordura. 3. Alfa-amilase maltogênica. 4. Bolos -  
Qualidade. I. Steel, Caroline Joy. II. Universidade Estadual de  
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/bibfea

Título em inglês: Effect of the concentrations of maltogenic  $\alpha$ -amylase and fat on technological  
and sensory quality of cakes

Palavras-chave em inglês (Keywords): Cake, Fat, Maltogenic alpha-amylase, Cakes - Quality

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Caroline Joy Steel

Celia Maria Landi Franco

Daniel Barrera Arellano

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

## **Banca Examinadora**

---

### **Profa. Dra. Caroline Joy Steel**

Faculdade de Engenharia de Alimentos – DTA – UNICAMP  
(Orientadora)

---

### **Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco**

Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos– IBILCE/UNESP  
(Membro)

---

### **Prof. Dr. Daniel Barrera Arellano**

Faculdade de Engenharia de Alimentos – DTA – UNICAMP  
(Membro)

---

### **Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima**

Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL  
(Membro)

---

### **Prof. Dr. Yoon Kil Chang**

Faculdade de Engenharia de Alimentos – DTA – UNICAMP  
(Membro)

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida em \_\_/\_\_/\_\_ por Noelia Soledad Bedoya Perales aprovado pela comissão julgadora em \_\_/\_\_/\_\_.



**Ao universo, que me leva a lugares  
onde sou imensamente feliz...**

Aos meus pais, Percy Bedoya e Soledad Perales, pelo  
infinito amor, pela confiança, por permitirem que eu  
conhecesse desde criança o que há de mais valioso para  
um ser humano: a liberdade!

Aos meus irmãos, Alexander, Vladimiro e Diego, pela união  
e por uma vida cheia de momentos de alegria.

A minha avó María Argandoña de Perales, porque ao lado  
dela tudo tem cheiro de Deus;

**Dedico.**



## **Agradecimentos**

A Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP e, em especial, ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de aprimorar os meus conhecimentos neste país;

A Profa. Caroline Steel, pela orientação e todo o aprendizado no decorrer do mestrado;

Ao Prof. Yoon Kil Chang, pelas sugestões no exame de qualificação, pelo exemplo profissional e pela assistência prestada;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Aos professores membros da banca, pelas sugestões feitas para melhorar este trabalho;

As empresas que doaram gentilmente as matérias primas: Bunge Alimentos S.A., Triângulo Alimentos, Granotec do Brasil S.A., e Metachem Ind. e Com.;

A Renata Celeghini e Diego Campaci, pelo auxílio nas análises de cor e textura;

Ao Laboratório de Engenharia de Processos do DEA, por permitir a utilização do equipamento para determinação de atividade de água;

A Dra. Izabela Dutra Alvim, pela valiosa ajuda na execução da análise de imagem no Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL;

A Dra. Elizabeth Nabeshima pelas sugestões no exame de qualificação e pela disposição em contribuir na realização deste trabalho;

Aos funcionários da padaria da FEA, Izilda, Edna, Simone, Damiris, Nilo e Luciano, pela demonstração de carinho e entusiasmo de sempre, tornando muito agradável o tempo que passei com vocês ao longo desta jornada;



A Alessandra S. Coelho, pelo tempo dedicado;

A Simone, Gabriela, Débora, Eveline, Eliza, Leandra, Patricia, Alessandra C., Alessandra P., Juliana, Marcio e André, amigos do Laboratório de Cereais, de cada um de vocês guardo belas lembranças: a simpatia, o esforço, a dedicação, a responsabilidade, a amizade. Desejo-lhes muitas conquistas pessoais e profissionais;

A Diogo Maus, Simone Shiozawa e Simone Faria, pela colaboração e pela amizade;

As minhas queridas amigas Francine Ribeiro e Priscila Pereira, por toda consideração, pelo apoio e por tudo o que compartilharam comigo;

Aos amigos Rodrigo A. do Nascimento e Daniel Queiroz, pela ajuda na correção do texto e nos trâmites burocráticos;

Aos amigos do Departamento de Tecnologia de Alimentos, e em especial a Eduardo Henrique, Milena, Bárbara, Julice, Ligia, Simone, Diogo, Karol, Cecília, Wellington, Marcília, Graciela, Bibiana e Eliane. Foi um prazer imenso conhecer vocês!

À Fabiane de Faria, Tiemi Ferreira, Dona Benê, Robson Ribeiro, Matheus Melo, Rodrigo Martins, William Herrera, Lino Holanda, Glauber Colnago, meus sinceros agradecimentos por terem permitido que eu entrasse na vida de vocês. Obrigada pela ajuda, pelo carinho e momentos compartilhados!

À minha querida família e aos amigos peruanos que desejaram que bons ventos me acompanhassem desde o primeiro momento que decidi iniciar esta aventura, e àqueles amigos que fiz ao chegar aqui: Helmut, Romina, Mirko, Sylvia, Liz, Juan e Julio. Obrigada pelo apoio!

Por ter sido tão bem acolhida neste país, não tem como agradecer somente a algumas pessoas porque, por fortuna, foram muitas as que compartilharam belos momentos comigo. **Minha gratidão ao Brasil, toda a sua gente, todos os seus lugares e toda a sua beleza!**



***Onde você estiver, é sempre o início. (Osho)***



## RESUMO

Entre os produtos de panificação, o bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere a consumo e comercialização no Brasil. Entretanto, assim como com pães, o aumento da firmeza, atribuído à retrogradação do amido, encurta o *shelf-life*. Isto tem impacto econômico grande, obrigando os produtores de bolos a procurarem soluções. A gordura é um ingrediente tradicionalmente utilizado por seu efeito sobre a maciez. Outra alternativa é o uso de enzimas como a  $\alpha$ -amilase maltogênica, que retarda a retrogradação do amido limitando a recristalização da amilopectina, fazendo com que perdure a elasticidade e maciez do miolo por mais tempo. O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito de diferentes concentrações de  $\alpha$ -amilase maltogênica e gordura na qualidade tecnológica e sensorial de bolos. Para isto, utilizaram-se formulações balanceadas tomando como referência três concentrações de gordura (20, 40 e 60%, base farinha), avaliando-se a adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica (0, 500 e 1000 ppm). A farinha de trigo foi caracterizada quanto a sua composição centesimal e propriedades viscoamilográficas. A massa dos bolos foi avaliada quanto a seu pH e densidade aparente, e os bolos, quanto a seu volume específico, atividade de água, umidade, textura instrumental, cor instrumental, porosidade e análise sensorial. As determinações nos bolos foram realizadas nos dias 1, 7, 14 e 21 de estocagem. Os resultados mostraram que a combinação que apresentou os melhores resultados em termos de qualidade dos bolos (maior volume específico, maior umidade do miolo, menor firmeza do miolo e maior aceitação sensorial) foi aquela com 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica (base farinha).

**PALAVRAS-CHAVE:** bolo, gordura,  $\alpha$ -amilase maltogênica, balanceamento de formulações, qualidade de bolos.



## ABSTRACT

Amongst bakery products, cakes are gaining importance in consumption and commercialization in Brazil. However, as with breads, the increase in firmness, attributed to starch retrogradation, shortens shelf-life. This has economical implications, so cake manufacturers are constantly looking for solutions. Fat is an ingredient which is traditionally used for its effect on cake texture. Another alternative is the use of enzymes, such as maltogenic  $\alpha$ -amylase, that retards starch retrogradation by limiting amylopectin recrystallization, making crumb elasticity and softness last longer. The objective of the present study was to determine the effect of different concentrations of maltogenic  $\alpha$ -amylase and fat on the technological and sensorial quality of cakes. For this, balanced formulations with 3 different fat concentrations (20, 40 and 60%, flour basis) were used to evaluate the addition of maltogenic  $\alpha$ -amylase (0, 500 and 1000 ppm). Wheat flour was characterized regarding proximate composition and viscoamylographic properties. Cake batter was evaluated with respect to pH and apparent density, and cakes with respect to specific volume, water activity, moisture content, instrumental texture, instrumental color, porosity and sensory analysis. Determinations were made on days 1, 7, 14 and 21 of storage. The results showed that the combination that presented the best results in terms of cake quality (greater specific volume, higher crumb moisture content, lower crumb firmness and highest sensory acceptance) was the one with 20% fat and 1000 ppm maltogenic  $\alpha$ -amylase (flour basis).

**KEY WORDS:** cake, fat, maltogenic  $\alpha$ -amylase, balanced formulations, cake quality.



# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	
<b>ABSTRACT</b> .....	
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO</b> .....	4
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1. Histórico .....	4
3.2. Mercado .....	5
3.3. Tipos de bolos .....	5
3.4. Formulações .....	6
3.5. Ingredientes utilizados .....	8
3.5.1. Farinha de trigo .....	8
3.5.2. Amido .....	9
3.5.2.1. Definição .....	9
3.5.2.2. Amido em bolos .....	10
3.5.2.3. Gelatinização do amido .....	11
3.5.2.4. Retrogradação do amido .....	13
3.5.3. Açúcar .....	15
3.5.4. Gordura .....	15
3.5.5. Agentes de crescimento .....	16
3.5.6. Sal (cloreto de sódio) .....	17
3.5.7. Leite .....	18
3.5.8. Ovos .....	18

3.5.9. Líquidos .....	19
3.5.10. Emulsificantes .....	19
3.5.11. Conservantes químicos .....	20
3.6. Enzimas .....	21
3.7. Etapas do processamento de bolos .....	27
3.7.1. Mistura e batimento .....	28
3.7.2. Forneamento .....	30
3.7.3. Resfriamento .....	32
3.8. Qualidade de bolos .....	32
3.8.1. Parâmetros de qualidade .....	32
3.8.2. Defeitos em bolos .....	35
3.8.3. Alterações que ocorrem durante a estocagem .....	38
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
4.1. Material .....	39
4.2. Métodos .....	41
4.3. Caracterização da farinha de trigo .....	41
4.3.1. Umidade .....	41
4.3.2. Proteínas .....	41
4.3.3. Lipídios .....	42
4.3.4. Cinzas .....	42
4.3.5. Carboidratos .....	42
4.3.6. pH .....	42
4.3.7. Propriedades de pasta .....	43
4.4. Avaliação do efeito da enzima sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo .....	44

4.5. Balanceamento das formulações dos bolos .....	44
4.6. Testes preliminares .....	46
4.6.1. Definição dos níveis de gordura a serem utilizados .....	46
4.6.2. Definição do nível de amido de milho a ser utilizado .....	48
4.7. Testes definitivos .....	50
4.7.1. Elaboração dos bolos com diferentes níveis de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica .....	50
4.8. Avaliação da qualidade das massas e dos bolos .....	56
4.8.1. Avaliação da qualidade das massas .....	56
4.8.1.1. pH das massas .....	57
4.8.1.2. Densidade das massas .....	57
4.8.2. Avaliação da qualidade dos bolos .....	57
4.8.2.1. Volume específico dos bolos .....	57
4.8.2.2. Atividade de água do miolo dos bolos .....	58
4.8.2.3. Umidade do miolo dos bolos .....	58
4.8.2.4. Cor instrumental do miolo dos bolos .....	58
4.8.2.5. Textura instrumental do miolo dos bolos .....	59
4.8.2.6. Porosidade do miolo (estrutura alveolar) .....	59
4.8.3. Análise sensorial .....	65
4.9. Análise dos resultados .....	66
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
5.1. Caracterização da farinha de trigo .....	67
5.2. Avaliação do efeito da enzima $\alpha$ -amilase maltogênica sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo .....	70

5.3. Testes preliminares .....	72
5.3.1. Definição dos níveis de gordura a serem utilizados .....	72
5.3.2. Definição do nível de amido de milho a ser utilizado .....	80
5.4. Elaboração dos bolos com diferentes concentrações de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica .....	87
5.5. Avaliação da qualidade das massas e dos bolos .....	87
5.5.1. Avaliação da qualidade das massas .....	87
5.5.1.1. pH e densidade aparente das massas .....	87
5.5.2. Avaliação da qualidade dos bolos .....	91
5.5.2.1. Volume específico dos bolos .....	91
5.5.2.2. Atividade de água do miolo dos bolos .....	93
5.5.2.3. Umidade do miolo dos bolos .....	95
5.5.2.4. Textura instrumental do miolo dos bolos .....	99
5.5.2.5. Cor instrumental do miolo dos bolos .....	106
5.5.2.6. Porosidade do miolo (estrutura alveolar) .....	109
5.5.3. Análise sensorial .....	117
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>126</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO 1</b> Termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa com seres humanos .....	142
<b>ANEXO 2</b> Questionário de recrutamento de provadores .....	143
<b>ANEXO 3</b> Ficha de análise sensorial dos bolos .....	144
<b>ANEXO 4</b> Carta de aprovação de análise sensorial pelo Comitê de Ética em Pesquisa .....	145

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1 —</b> Estruturas da amilose e da amilopectina .....	10
<b>Figura 2 —</b> Gelatinização e retrogradação do amido .....	13
<b>Figura 3 —</b> Representação esquemática da ação de diferentes enzimas amilolíticas sobre a amilopectina (polímero do amido) .....	24
<b>Figura 4 —</b> Fluxograma da produção de bolos .....	27
<b>Figura 5 —</b> Fluxograma do processo de preparo dos bolos com diferentes concentrações de gordura .....	47
<b>Figura 6 —</b> Fluxograma do processo de preparo dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho .....	50
<b>Figura 7 —</b> Fluxograma do processo de elaboração dos bolos com enzima $\alpha$ -amilase maltogênica .....	55
<b>Figura 8 —</b> Imagem original de uma fatia de bolo e seleção dos campos para contagem .....	61
<b>Figura 9 —</b> Exemplo do tratamento da imagem de um campo para posterior determinação de tamanho dos alvéolos .....	62
<b>Figura 10 —</b> Exemplo de uma imagem no momento da análise, com as estruturas numeradas .....	63
<b>Figura 11 —</b> Exibição dos resultados dos parâmetros alveolares avaliados .....	64
<b>Figura 12 —</b> Exemplo de alvéolos de formatos diferentes indicando as medidas realizadas .....	64
<b>Figura 13 —</b> Firmeza dos bolos com diferentes concentrações de gordura durante a estocagem .....	78
<b>Figura 14 —</b> Comportamento da firmeza do miolo dos bolos com diferentes concentrações de amido durante a estocagem .	84

<b>Figura 15 —</b>	Densidade aparente das massas dos bolos elaboradas com diferentes concentrações de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica .....	89
<b>Figura 16 —</b>	Massas dos bolos elaboradas com (a) 20, (b) 40, e (c) 60% de gordura .....	90
<b>Figura 17 —</b>	Volume específico dos bolos elaborados com diferentes concentrações de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica .....	92
<b>Figura 18 —</b>	Comparação do comportamento dos bolos com (a) 0, (b) 500, e (c) 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica nas formulações com 20, 40 e 60% de gordura, durante 21 dias de estocagem .....	104
<b>Figura 19 —</b>	Incremento da firmeza dos bolos durante 21 dias de estocagem .....	105
<b>Figura 20 —</b>	Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 20% de gordura, com 0 e 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	113
<b>Figura 21 —</b>	Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 40% de gordura, 0 e 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	114
<b>Figura 22 —</b>	Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 60% de gordura, 0 e 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	115
<b>Figura 23 —</b>	Intenção de compra dos bolos adicionados com 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	120
<b>Figura 24 —</b>	Intenção de compra dos bolos adicionados com 20% de gordura adicionados de 0, 500 e 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	124

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1 —</b> Principais defeitos que ocorrem no processamento de bolos e suas causas .....	37
<b>Tabela 2 —</b> Perfil utilizado para a análise das propriedades de pasta da farinha de trigo no <i>Rapid Visco Analyser</i> (RVA) .....	43
<b>Tabela 3 —</b> Regras para o balanceamento de formulações de bolos, com exemplo de bolo com 60% de gordura (base farinha)	45
<b>Tabela 4 —</b> Formulações dos bolos com diferentes concentrações de gordura .....	47
<b>Tabela 5 —</b> Formulações dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho .....	49
<b>Tabela 6 —</b> Codificação das formulações de bolos com enzimas .....	53
<b>Tabela 7 —</b> Formulações utilizadas na produção dos bolos com enzimas .....	54
<b>Tabela 8 —</b> Composição centesimal e pH da farinha de trigo .....	67
<b>Tabela 9 —</b> Parâmetros viscoamilográficos obtidos com o <i>Rapid Visco Analyser</i> (RVA) da farinha de trigo pura e adicionada da enzima $\alpha$ -amilase maltogênica .....	69
<b>Tabela 10 —</b> Valores de pH e densidade aparente das massas, e de volume específico dos bolos com diferentes concentrações de gordura .....	74
<b>Tabela 11 —</b> Valores de umidade e firmeza dos bolos com diferentes concentrações de gordura .....	77
<b>Tabela 12 —</b> Parâmetros de cor instrumental dos bolos com diferentes concentrações de gordura .....	79
<b>Tabela 13 —</b> Valores de densidade aparente das massas e de volume específico dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho .....	81

<b>Tabela 14 —</b>	Valores de umidade e firmeza dos bolos com diferentes concentrações de amido .....	83
<b>Tabela 15 —</b>	Parâmetros de cor instrumental dos bolos com diferentes concentrações de amido .....	86
<b>Tabela 16 —</b>	Valores de pH e densidade aparente das massas, e volume específico dos bolos com diferentes quantidades de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica .....	88
<b>Tabela 17 —</b>	Atividade de água e umidade do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica, durante estocagem de 21 dias .....	97
<b>Tabela 18 —</b>	Firmeza do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica, durante 21 dias de estocagem .....	98
<b>Tabela 19 —</b>	Valores de L*, a* e b* do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica, durante 21 dias de estocagem .....	107
<b>Tabela 20 —</b>	Parâmetros alveolares do miolo dos bolos elaborados com diferentes quantidades de gordura e adicionados ou não de 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	109
<b>Tabela 21 —</b>	Médias de aceitação dos atributos sensoriais dos bolos com diferentes concentrações de gordura adicionados de 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	116
<b>Tabela 22 —</b>	Médias de aceitação dos atributos sensoriais dos bolos com 20% de gordura adicionados de 0 , 500 e 1000 ppm de $\alpha$ -amilase maltogênica .....	119



# 1. INTRODUÇÃO

Os bolos são tão antigos quanto o hábito humano de celebrar acontecimentos sociais com alimentos. O fascínio por estes produtos constituídos basicamente de farinha, ovos e açúcar, levou-os a se multiplicarem através dos tempos e povos, elaborando-se receitas com diferentes ingredientes (ROSSETTI, 1999). Hoje, os bolos são uma delícia apreciada em todas as partes do mundo e, nesse contexto, os bolos prontos para o consumo vêm adquirindo crescente importância no mercado de produtos de panificação no Brasil.

Devido ao fato de que existe uma ampla variedade de formulações, é difícil definir “bolos” de um modo preciso. Estes produtos contêm relativamente altas quantidades de farinha de trigo, açúcar, gordura, ovos, leite e aromatizantes. Caracterizam-se por ter um gosto doce, textura macia, aromas e sabores agradáveis (TIREKI, 2008). Os bolos podem ser divididos em duas categorias, considerando a quantidade de gordura adicionada: os bolos com níveis altos de gordura (p.ex., *pound*, *layer*, *cup* e *sheet cake*) e aqueles com níveis baixos de gordura (p.ex., *angel*, *chiffon* e *sponge cake*) (SAHI, 2008).

A massa de bolos é uma emulsão complexa do tipo óleo em água (O/A), composta de bolhas de ar na fase descontínua, e de uma mistura de ovo-açúcar-água-gordura na fase contínua, na qual as partículas de farinha são dispersas (SHELKE; FAUBION; HOSENEY, 1990; CALDWELL; DAHL; FAST, 1991).

A formulação e o balanço de ingredientes adequados são fundamentais para atingir as características desejadas de um bom bolo. O açúcar melhora a coesividade e a gordura aumenta a maciez (menor firmeza). De forma geral, massas ricas em gorduras e açúcares são macias,

apresentam maior elasticidade e facilitam a mastigação. Excessos tornam as massas “podres” (baixa coesividade) e a massa se desagrega com facilidade (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

A estabilidade da massa e a textura fina dos bolos são características possíveis de serem obtidas com um processamento correto. Durante o batimento, as bolhas de ar formadas devem ser pequenas e uniformes, pois se são maiores, a massa torna-se instável, resultando em bolos grosseiros com textura irregular (BENNION; BAMFORD, 1997). O forneamento é provavelmente o fator mais importante que governa a qualidade do produto final (TIREKI, 2008). Nesta etapa, a emulsão aerada da massa do bolo é transformada em uma estrutura semi-sólida porosa e macia, devido principalmente ao dióxido de carbono produzido a partir do fermento químico dissolvido na massa, à expansão dos gases, à gelatinização do amido, à coagulação protéica, e à interação entre os ingredientes. Neste processo, define-se a estrutura final, incrementa-se o volume, forma-se a crosta e ocorre o escurecimento não-enzimático da crosta (SAHIN, 2008).

Bolos de alta qualidade são caracterizados por apresentar volume elevado, miolo com estrutura uniforme, maciez, vida de prateleira adequada e tolerância ao envelhecimento. Um bom bolo deve apresentar alvéolos abundantes, finos e distribuídos de maneira uniforme. Deve ter boas características de cor e brilho, com sabor e aparência geral atraentes (BENNION; BAMFORD, 1997). Todas essas características dependem de uma série de fatores, como: o emprego de matérias-primas adequadas e de boa qualidade, do processamento, dos equipamentos utilizados, e do balanceamento da formulação. Elas podem ser medidas através de parâmetros de cor, volume, textura, umidade, uniformidade, simetria, e estrutura do miolo (SAHIN, 2008).

Vários são os problemas apresentados no processamento de bolos. Comumente, encontram-se defeitos de volume, textura ou aparência da crosta, mas existem aditivos, como emulsificantes e hidrocolóides, que auxiliam na obtenção de produtos com qualidade desejável (INDRANI; RAO, 2008). No entanto, o uso de enzimas é uma alternativa interessante frente ao uso de aditivos químicos. São coadjuvantes de tecnologia, geralmente reconhecidos como seguros (GRAS), e não permanecem ativos no produto após o cozimento (RONDA *et al.*, 2009).

As enzimas podem ser consideradas como coadjuvantes de tecnologia de fabricação, dado que, segundo a Legislação Brasileira, esta definição compreende toda substância que se emprega intencionalmente na elaboração de matérias-primas, alimentos ou seus ingredientes para obter uma finalidade tecnológica durante o tratamento ou fabricação, e que deverá ser eliminada do alimento ou inativada, podendo admitir-se no produto final a presença de traços da substância ou seus derivados (BRASIL, 1997).

Na elaboração de pães, várias enzimas são indicadas para melhorar a qualidade da farinha, melhorar o volume e a cor dos produtos, permitir a retenção de umidade no miolo, retardar o envelhecimento, entre outros benefícios (INDRANI; RAO, 2008). A  $\alpha$ -amilase maltogênica de *Bacillus stearothermophilus* é uma delas, e a sua função, de forma geral, consiste na hidrólise extensiva da amilopectina cristalizável, limitando a recristalização (retrogradação) durante a estocagem. Isto permite a conservação das características de um miolo macio com boa elasticidade, prolongando a vida de prateleira (GOESAERT *et al.*, 2009 a). Sabe-se pouco sobre o efeito desta enzima em bolos, mas acredita-se que as mesmas vantagens observadas em pães são possíveis de serem conseguidas neste tipo produto. Além disto, considerando a gama de ingredientes utilizados em bolos, é importante verificar também o efeito de dois dos principais ingredientes (gordura e açúcar) sobre a qualidade dos bolos e sobre a ação da  $\alpha$ -amilase maltogênica.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo geral deste trabalho foi determinar o efeito de diferentes concentrações de  $\alpha$ -amilase maltogênica e gordura na qualidade tecnológica e sensorial de bolos.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Histórico**

Diz a lenda que o primeiro bolo foi criado na Grécia Antiga para homenagear Ártemis, Deusa da caça. Naquela época, as velas colocadas em cima da massa representavam o luar que, de acordo com a mitologia, era o instrumento da Deusa para proteger a Terra (SBRT, 2008). Os primeiros bolos eram na verdade pães doces, redondos, planos, ázimos, e cozidos em pedras quentes. A evolução até o que na atualidade temos foi possível depois de vários séculos, com a introdução de novas tecnologias e novos ingredientes que chegaram até a Europa. Na Inglaterra, originou-se o bolo de libras ou *pound cake*, cujo nome deve-se ao fato da receita original conter uma libra de farinha, uma libra de açúcar, uma libra de manteiga e uma libra de ovos, e resultava em um bolo pesado porque não era adicionado nenhum agente de crescimento além do ar introduzido na massa. O uso de fermentos químicos iniciou-se a partir do século XX. Atualmente, os bolos são formulados com os mesmos ingredientes da fórmula original, mas em diferentes proporções, para produzir bolos mais leves (JAWORSKI, 2010).

### **3.2. Mercado**

O segmento de bolos pode ser classificado em duas importantes categorias: misturas para bolos e bolos prontos. As misturas para bolos são destinadas aos mercados domésticos e de padarias artesanais. Já os bolos prontos segmentam-se segundo o tamanho da porção: mono-porções (consumo individual) e bolo tablete (consumo família). Segundo o relatório Brazil Focus – Datamark, do ano de 2007, sobre o mercado de bolos, no ano de 2002, o Brasil apresentava volumes de produção de bolos tablete muito aquém das quantidades manufaturadas pelos líderes mundiais. Dados recentes indicam um vertiginoso crescimento da categoria de bolos industriais, incrementando o status deste alimento, cada vez mais presente nas mesas dos brasileiros e nas lancheiras das crianças. O mesmo relatório projetou para 2007 volumes de produção no Brasil da ordem de 75 mil toneladas de bolos prontos, e prevê que em 2011 o Brasil deva passar a produção deste produto para a casa das 100 mil toneladas/ano (GRANOTEC, 2009).

### **3.3. Tipos de bolos**

É difícil definir os bolos de uma maneira precisa, devido à ampla gama de formulações que existem. Os bolos têm um gosto doce, uma textura macia, sabores e aromas agradáveis. Eles são compostos por uma quantidade relativamente elevada de ingredientes como farinha, açúcar, gordura, ovos, leite, e aromatizantes.

Hoseney (1998) classificou os bolos em três tipos, segundo a maneira como o ar é incorporado na massa. Assim temos: (i) bolos elaborados através da mistura em múltiplas etapas (procedimento clássico que incorpora o ar na gordura, através da formação inicial de um “creme”; com posterior

adição dos pós e dos líquidos de forma intercalada); (ii) bolos elaborados através da mistura em uma única etapa (utilizando uma pré-mistura em pó, usualmente com emulsificantes ou surfactantes que auxiliam a incorporação de ar); e (iii) bolos em que o ar é incorporado diretamente na fase aquosa por meios mecânicos (utilizando uma batedeira de alta velocidade), mais que pela adição de surfactantes. A estabilidade da massa feita com o primeiro procedimento perdura por mais tempo, porque o ar permanece imobilizado na gordura, e devido à formação de um grande número de células de ar, é possível conseguir um miolo muito fino. Nos bolos elaborados com uma única etapa de mistura, os líquidos são adicionados à pré-mistura e, neste caso, o ar é incorporado diretamente na fase aquosa, mas resultam em bolos bastante delicados, pouco convenientes para serem transportados. No terceiro procedimento, o ar é adicionado diretamente na fase aquosa por meios mecânicos, mais do que pelo uso de surfactantes. A estabilidade de uma massa na qual o ar é incorporado diretamente dentro da fase aquosa (bolos tipo esponja), é menor do que a de uma massa feita a partir da formação do “creme” (bolos tipo *pound cake*).

Para Sahi (2008), os bolos podem ser divididos em duas categorias, considerando a quantidade de gordura adicionada: os bolos com níveis altos de gordura (p.ex., *pound, layer, cup* e *sheet cake*) e aqueles com níveis baixos de gordura (p.ex., *angel, chiffon* e *sponge cake*). No primeiro tipo, a estrutura do miolo resulta da emulsão óleo-em-água (O/A), formada durante o batimento da massa. Em bolos tipo esponja, a estrutura e o volume são dependentes principalmente das propriedades que os ovos têm para aerar e formar espuma.

### 3.4. Formulações

Produtos alimentícios formulados são sistemas coloidais complexos nos quais as interações moleculares entre os diferentes ingredientes ditam a estrutura e as propriedades de textura (GAONKAR, 1995).

A massa de bolo é uma emulsão complexa do tipo óleo em água, composta de bolhas de ar na fase descontínua (fase gordurosa), e de uma mistura de ovo-açúcar-água-gordura na fase contínua (fase aquosa), onde as partículas de farinha são dispersas (SHELKE; FAUBION; HOSENEY, 1990; CALDWELL; DAHL; FAST, 1991). Durante a produção de bolos, observa-se a formação de emulsões, espumas e géis, e a produção de um bolo “perfeito” depende da formação e estabilidade de cada um dos estados coloidais durante a mistura dos ingredientes e o forneamento da massa (BENNION; BAMFORD, 1997).

Na elaboração de bolos, a formulação e o balanço dos ingredientes são fundamentais para a qualidade do produto final. Cada um dos ingredientes exerce uma função específica, e estes podem ser agrupados da seguinte forma: (i) aqueles que proporcionam força e estrutura ao bolo, como a farinha e os ovos; (ii) aqueles que abrem a estrutura, como o açúcar, a gordura e o fermento químico; e (iii) aqueles que fecham a estrutura e reduzem a leveza, como o leite e a água (os líquidos). É imprescindível partir de uma formulação que possua o balanço adequado entre aqueles ingredientes que abrem a estrutura e os que a fecham (BENNION; BAMFORD, 1997).

Em geral, no processamento de bolos, as proteínas oferecem resistência ao colapso, resultando em volumes desejáveis, e uma estrutura alveolar adequada do miolo, com distribuição uniforme das células de ar (WILDERJANS *et al.*, 2008). A gordura aprisiona ar dentro da massa e a lubrifica. Os líquidos regulam a consistência da massa e são necessários para

dissolver o açúcar, o sal e outros ingredientes secos. O leite proporciona cor e uma aparência mais atraente. Agentes de crescimento aeram a massa e concedem leveza ao produto. Os aditivos, como emulsificantes, proporcionam a aeração necessária e estabilidade à massa, até atingir a estrutura final do bolo (INDRANI; RAO, 2008).

### **3.5. Ingredientes utilizados**

Conhecer a função dos ingredientes utilizados na produção de bolos é útil para desenvolver formulações, evitar os problemas que podem surgir durante o processamento e melhorar a qualidade do produto (INDRANI; RAO, 2008).

#### **3.5.1. Farinha de trigo**

Na elaboração de bolos e produtos similares, a farinha de trigo é um dos ingredientes mais importantes porque afeta as propriedades reológicas da massa, e conseqüentemente, a qualidade do produto final. São utilizadas as farinhas provenientes da moagem do trigo mole, porque contêm pouco glúten, baixa capacidade de absorção de água, e granulometria fina. Geralmente é utilizada farinha branca ao invés de farinha de grão inteiro que geraria produtos de escasso volume (SAHIN, 2008).

Existem várias pesquisas relacionadas com a função que a farinha exerce sobre a estrutura de bolos, concentrando-se principalmente no papel dos componentes glúten e amido. Donelson e Wilson (1960) afirmaram que, em bolos, o glúten tem a função de ligante, e não é um elemento estrutural como no caso do pão. Huebner *et al.* (1999) indicaram que, durante a etapa

de mistura, não se exige o desenvolvimento completo da rede de glúten. Wilderjans *et al.* (2008) estudaram a função do glúten em bolos *pound cake*, utilizando *blends* de glúten-amido com diferentes proporções desses componentes. As porcentagens de glúten testadas estiveram na faixa de 5 a 15%. Os resultados mostraram que o incremento da quantidade de glúten melhorou a qualidade dos bolos por proporcionar viscosidade suficiente à massa durante a etapa de mistura e nos estágios iniciais do forneamento. O incremento de glúten favoreceu o volume dos bolos e, ao mesmo tempo, evitou o seu colapso e melhorou a estrutura do miolo, com distribuição uniforme dos alvéolos.

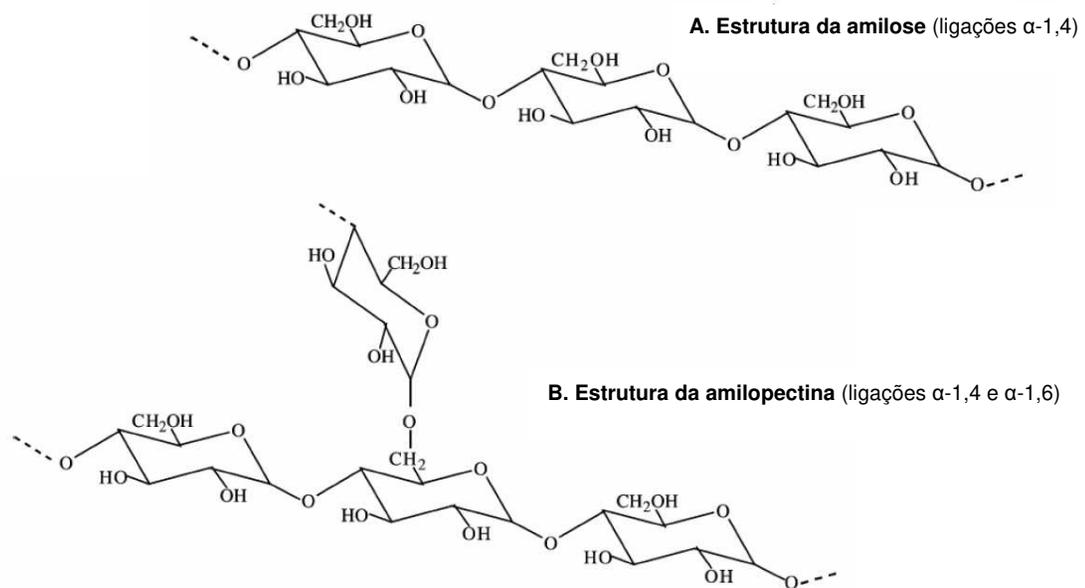
É indiscutível que na massa de bolos, devido aos elevados níveis de gordura e açúcar, o desenvolvimento da rede de glúten é limitada. No entanto, isto não significa que o glúten seja funcionalmente inerte. Especialmente durante o forneamento, a interação das proteínas pode tornar-se importante para a estrutura dos bolos (WILDERJANS *et al.*, 2008).

### **3.5.2. Amido**

#### **3.5.2.1. Definição**

O amido é um polissacarídeo de reserva energética que tem funções importantes na elaboração de bolos. No grão de trigo, encontra-se no endosperma, em forma de grânulos com formato e tamanho típicos. Seus componentes principais são a amilose e a amilopectina (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001). A amilose é composta por moléculas de glicose unidas entre si por ligações  $\alpha$ -(1,4) com peso molecular de 250.000 e estrutura linear; e a amilopectina é composta por moléculas de glicose unidas por

ligações  $\alpha$ -(1,4), apresentando também ligações  $\alpha$ -(1,6), o que lhe confere uma estrutura ramificada que pode interferir na qualidade dos produtos (HOSENEY, 1998). A Figura 1 mostra as estruturas da amilose e da amilopectina em um grânulo de amido.



**Figura 1.** Estruturas da amilose e da amilopectina (MURALIKRISHNA; NIRMALA, 2005)

### 3.5.2.2. Amido em bolos

Além de compor acima de 70% da farinha de trigo (TANHEHCO; PERRY, 2008), o amido pode ser adicionado à formulação (normalmente, o amido de milho), junto com a farinha de trigo, quando os produtos exigem uma farinha mais fraca ou de uma textura fina. Os amidos proporcionam viscosidade e favorecem a retenção de umidade (BENNION; BAMFORD, 1997). De acordo com Eliasson (2004), os amidos, quando adicionados em

formulações de bolos, aumentam o volume, favorecem a retenção de umidade e modificam a textura, permitindo a obtenção de produtos mais macios.

Com a adição deste ingrediente na formulação de bolos, não há um impacto direto sobre a estabilização da emulsão da massa, mas pela capacidade de absorção de água, incrementa-se a viscosidade e, como consequência, é favorecida a retenção de núcleos de ar durante o batimento (TANHEHCO; PERRY, 2008).

### **3.5.2.3. Gelatinização do amido**

Quando a massa é colocada no forno, o aquecimento contínuo dá lugar à gelatinização do amido, que aumenta a viscosidade da massa. Quanto maior a temperatura de gelatinização do amido, maior o tempo disponível para o crescimento do bolo e para definir a textura final do produto. Este fenômeno poderia se resumir nas seguintes fases: (i) inchamento (ou intumescimento) dos grânulos de amido; (ii) exsudação dos componentes moleculares (amilose e amilopectina); e (iii) colapso dos grânulos (GAONKAR; MCPHERSON, 2006). Segundo Kim e Walker (1992), é de grande importância o controle da gelatinização para obter um bolo com uma estrutura porosa que não colapse. A temperatura em que ocorre este fenômeno é influenciada principalmente pela fonte do amido, umidade, solutos (iônicos e não iônicos), presença de outros biomateriais, e condições de processamento (SABLANI, 2009).

O retardamento da gelatinização pode acontecer pela presença de alguns componentes, como por exemplo: os lipídios, que pela formação de complexos amilose-lipídio atrasam o inchamento dos grânulos de amido e reduzem a exsudação de amilose (GHIASI; HOSENEY; VARRIANO-MARSTON, 1982); os açúcares, que interagem com as cadeias de amido e reduzem a atividade de água do sistema; e as proteínas, que formam

complexos com as moléculas de amido na superfície do grânulo, e evitam a liberação de exsudados (SUMNU; NDIFE; BAYINDIRH, 1999).

O grau de gelatinização do amido é um fenômeno importante em produtos de panificação, pois afeta a textura final. Os açúcares retardam a gelatinização, incrementando a temperatura em que este fenômeno ocorre. Este atraso permite que as bolhas de gás se expandam pela massa corretamente devido à pressão de vapor formada pelo dióxido de carbono e vapor d'água (SUMNU; NDIFE; BAYINDIRH, 1999; KIM; WALKER, 1992). Geralmente, uma concentração de 55 – 60% de açúcar retarda a gelatinização de 57°C para 92°C, o que favorece o correto desenvolvimento da estrutura do bolo (BEAN; YAMAZAKI, 1978).

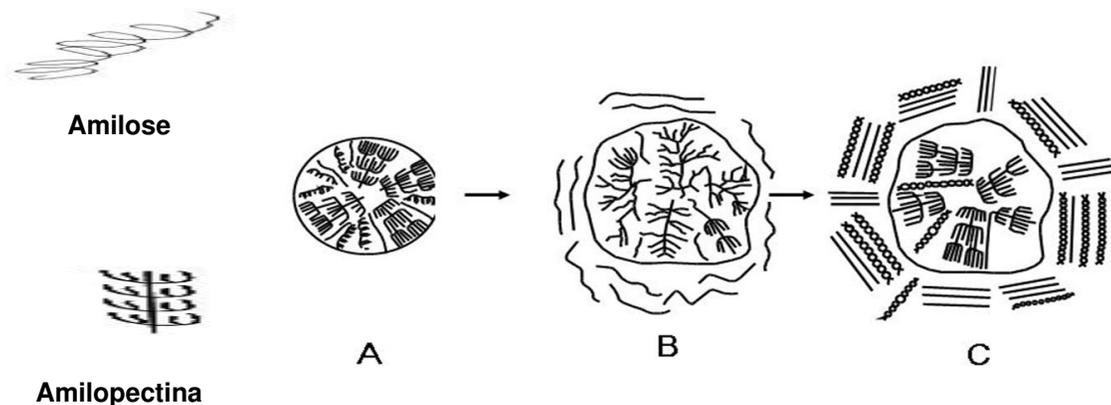
As proteínas também aumentam a temperatura de gelatinização do amido pela formação de complexos proteína-amido na superfície do grânulo (SUMNU; NDIFE; BAYINDIRH, 1999). Há redução inicial da viscosidade da massa e posterior incremento, conforme a temperatura aumenta até 85 – 95°C, ocasionado pela combinação da gelatinização do amido (entre 80 – 95°C) e a desnaturação das proteínas do ovo (entre 70 – 100°C) (WILDERJANS *et al.*, 2008). Na farinha de trigo, a gelatinização do amido acontece em temperaturas próximas de 65°C, e a desnaturação das proteínas entre 80 – 110°C (DONOVAN, 2006).

Mizukoshi, Maeda e Amano (1980) reportaram que em bolos do tipo esponja a liberação de gás, a coagulação da proteína, a gelatinização do amido e o fim da expansão da massa ocorrem à mesma temperatura. Eles concluíram que a formação da estrutura dos bolos durante o forneamento está relacionada com o incremento da viscosidade, causada pelos efeitos combinados da gelatinização do amido e da desnaturação das proteínas. Wilderjans *et al.* (2010) reafirmaram esta hipótese para bolos do tipo *pound cake*, já que tanto a formação contínua de uma rede de proteína como a de

um gel de amido, proporcionam uma estrutura estável e determinam a textura final do miolo.

#### 3.5.2.4. Retrogradação do amido

Durante a estocagem, as modificações na fração do amido são usualmente denominadas de retrogradação, e têm um efeito importante na firmeza do miolo dos bolos. A retrogradação é definida como a re-associação dos polímeros do amido, durante e depois do resfriamento de uma pasta de amido gelatinizado, para passar a um estado mais ordenado ou cristalino, como pode ser apreciado na Figura 2 (ATWELL *et al.*, 1988).



**Figura 2.** Gelatinização e retrogradação do amido (FOOD-INFO, 2011)  
A: amido nativo; B: amido gelatinizado; C: amido retrogradado.

Segundo Goesaert *et al.* (2009 b), a partir de uma perspectiva etimológica e histórica, o termo retrogradação (que significa retornar ao estado original) foi primeiramente introduzido para explicar quando um amido nativo cristalino, depois de sofrer gelatinização, resfriamento e estocagem, recupera a cristalinidade. Como no amido nativo somente os elementos estruturais da

amilopectina são cristalinos, o termo retrogradação deveria ser reservado para descrever a cristalização da amilopectina (DELCOUR; HOSENEY, 2009).

O fenômeno da retrogradação relaciona dois processos distintos. O primeiro deles envolve a amilose, que é solubilizada durante a gelatinização, e o segundo, a amilopectina, que permanece dentro do grânulo de amido (MILES *et al.*, 1985). Durante o resfriamento, as cadeias lineares da amilose e da amilopectina se re-associam através de ligações de hidrogênio para formar microcristais. No entanto, ambas as moléculas têm comportamentos diferentes. A amilose começa a retrogradar rapidamente, tornando-se a responsável pelas modificações de curto prazo, produzindo endurecimento imediato do produto. A amilopectina é a responsável pela maior parte da retrogradação do amido, incluindo as transformações reológicas e estruturais a longo prazo (RING *et al.*, 1987; GUDMUNDSSON, 1994).

A extensão em que ocorre a retrogradação é influenciada pelos componentes do amido, conteúdo de água do produto, temperatura de estocagem, e presença de outras substâncias, como lipídios e surfactantes (GUDMUNDSSON, 1994). Em produtos de panificação, a formação de complexos amido-lipídio possui um efeito anti-envelhecimento, devido ao fato de reduzir a cristalização (retrogradação) (ZOBEL; KULP, 1996). Os açúcares têm um efeito anti-plastificante, ou seja, aumentam a temperatura de transição vítrea, abaixo da qual o processo de cristalização não é viável, o que se traduz em um decréscimo da porcentagem de cristalinidade e, portanto, de formação de amido retrogradado (SLADE; LEVINE, 1987).

A retrogradação, quando excessiva, pode conduzir à deterioração da qualidade dos produtos, sendo evidente o incremento da firmeza. Esse processo pode ser minimizado com o uso de emulsificantes, enzimas ou a combinação destes (PONGSAWATMANITA; THANASUKARNA; LKEDAB, 2002; PARKER; RING, 2001).

### **3.5.3. Açúcar**

A sacarose proporciona doçura e também facilita a incorporação de ar durante o batimento do “creme”. Atua como amaciador, restringindo a formação de glúten, incrementando as temperaturas de desnaturação das proteínas do ovo e da farinha e de gelatinização do amido. Este atraso da gelatinização contribui para o aumento do volume, pois permite que as bolhas de ar se expandam adequadamente antes do aumento da viscosidade da massa e fixação da estrutura do bolo (KIM; SETSER, 1992; KIM; WALKER, 1992; INDRANI; RAO, 2008).

De acordo com Spies e Hosney (1982), na concentração utilizada em bolos (55 a 60%), o açúcar retarda a gelatinização do amido de 57 para 92°C, o que permite a formação de uma estrutura desejável do produto final. Isto acontece pela combinação de dois mecanismos independentes: (i) a diminuição da atividade de água da solução e (ii) a interação com as cadeias do amido para estabilizar as regiões amorfas dos grânulos.

### **3.5.4. Gordura**

A principal função da gordura em bolos é aprisionar ar na massa durante a mistura. A maioria dos cristais de gordura permanece dispersa na fase aquosa ou contínua, formando a fase oleosa ou descontínua, se fundindo posteriormente no forno e possibilitando a expansão das bolhas de ar pela massa toda (DILEK *et al.*, 2007). As gorduras melhoram a impermeabilização das massas, o que aumenta a resistência à saída de gases e vapor da água, oferecendo maior volume ao produto final (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A gordura deve ser tão finamente espalhada quanto possível, com a finalidade de obter o maior número de células de ar que permitam a formação de uma

granulosidade fina e regular, e também um produto com boas características de textura (suave, macio e úmido), bom volume e formato arredondado na superfície (PAINTER, 1981).

O aumento do conteúdo de gordura origina uma redução da viscosidade aparente porque permite maior aprisionamento do ar durante o processo de batimento. A remoção total da gordura em bolos pode alterar o flavor, a textura, a leveza, o corpo, a suavidade, o formato e o volume (KHALIL, 1998; SAKIYAN *et al.*, 2004). De acordo com a National Starch (2000), gorduras e proteínas tendem a encobrir o amido, retardando a hidratação do grânulo, retardando o aumento de viscosidade da massa, o que permite uma expansão por mais tempo.

A gordura favorece o volume, melhora a maciez, mas, em excesso, reduz a coesividade (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

Durante o forneamento, a gordura atrasa o fenômeno da gelatinização porque forma complexos lipídio-amilose, dificultando a absorção de água dentro do grânulo de amido (LARSSON, 1980; GHIASI; HOSENEY; VARRIANO-MARSTON, 1982; ELIASSON, 1985).

### **3.5.5. Agente de crescimento**

Na elaboração de bolos, o crescimento da massa pode acontecer: (i) por meios mecânicos, se o ar é incorporado durante a formação do creme com gordura, açúcar e ovos; (ii) por agentes químicos, como bicarbonato de sódio ou fermento em pó, os quais liberam dióxido de carbono durante o forneamento; e (iii) pela pressão de vapor de água, originada pelo aumento da temperatura do forno e que exerce uma forte pressão interna na massa, o que permite aumentar o volume do produto final (KÖKSEL; GÖKMEN, 2008).

O fermento em pó é um agente químico usado em panificação, formulado com amido (diluyente inerte), um álcali (geralmente, bicarbonato de sódio) e um ácido (que age em baixas e/ou altas temperaturas), que quando dissolvidos, reagem para emitir dióxido de carbono, provocando a dispersão do gás por toda a massa de bolo. Existem dois tipos de fermento em pó: os de ação única e os de ação dupla. Os primeiros contêm somente sais ácidos de ação em baixas temperaturas, como o fosfato de cálcio. Os de ação dupla contêm dois sais ácidos: um que reage à temperatura ambiente, produzindo um crescimento rápido enquanto a massa é preparada, e outro que reage em altas temperaturas, ocasionando o crescimento na etapa posterior de forneamento. Exemplos de sais ácidos de alta temperatura são o SAPP e o SALP, pirofosfato ácido de sódio e fosfato ácido de sódio e alumínio, respectivamente (KÖKSEL; GÖKMEN, 2008; LAMPILA; GODBER, 2001).

A maior parte do CO<sub>2</sub> deve ser liberada durante o batimento e, até certo ponto, durante a etapa de forneamento, antes de atingir a temperatura que seja capaz de fixar a massa. Este fato é muito importante na elaboração de bolos, porque se a taxa de liberação de gás for tão rápida que culmine antes do sistema se fixar, o resultado será uma estrutura grosseira que poderá entrar em colapso. Por outro lado, se a taxa de liberação do gás for extremamente lenta, o volume do produto final será relativamente menor, e induzirá à ruptura da estrutura pela liberação dos gases inclusive após a fixação da estrutura (GUY; PITHAWALA, 1981).

### **3.5.6. Sal (cloreto de sódio)**

O sal (cloreto de sódio) é utilizado como um modificador da doçura em bolos, capaz de ressaltar o sabor dos outros ingredientes, diminuir a temperatura de caramelização da massa, e auxiliar na obtenção da cor da

crosta. Normalmente, na elaboração de bolos, o nível de sal adicionado pode ser de até 2% do peso da farinha, sem alterar o sabor de forma negativa (CAUVAIN; YOUNG, 2000).

### **3.5.7. Leite**

Na formulação de bolos, o leite pode ser adicionado como parte dos líquidos. A sua adição (em forma líquida ou em pó), tem um efeito ligante sobre a proteína da farinha, reforçando a estrutura e auxiliando na retenção de umidade do produto (PREJEAN, 2009). Também, pelo conteúdo de proteínas e lactose (açúcar redutor), está envolvido nas reações de escurecimento não enzimático, o que contribui na formação da cor da crosta e aroma. O leite melhora a qualidade nutricional do produto pelo alto conteúdo de proteína (incluindo o amino-ácido lisina) e cálcio (KULP; LOEWE, 1996; INDRANI; RAO, 2008).

### **3.5.8. Ovos**

Os ovos têm um papel multifuncional, influenciando na formação de espuma, emulsificação, textura, ligação de água, cor e sabor. A gema é uma fonte rica de agentes emulsificantes (fosfolipídios), que facilitam a incorporação de ar, retardam a gelatinização do amido, e contribuem para uma cor dourada desejável, com aparência e flavor atrativos. A clara tem a capacidade de formar espumas que são estáveis o suficiente para suportar grandes quantidades de farinha ou açúcar, até ocorrer a coagulação por calor no forno, e se formar uma matriz protéica estável (INDRANI; RAO, 2008).

Os ovos fornecem todos os aminoácidos essenciais e também são uma importante fonte de ferro, cálcio, fósforo, vitamina A, vitamina D, tiamina e riboflavina (INDRANI; RAO, 2008).

Em bolos, os ovos e a gordura têm efeitos opostos. Os ovos conferem solidez (fornecendo estrutura), mas, em excesso, tendem a causar gomosidade, e a gordura, que incorpora ar na massa, aumenta a maciez. Em geral, a quantidade de gordura não deve superar a quantidade de ovos nem de açúcar, e esta, por sua vez, não deve exceder a quantidade de líquidos. A proporção ovos/gordura deve ser 1,25/1 (BENNION; BAMFORD, 1997).

### **3.5.9. Líquido**

Na elaboração de bolos, os líquidos devem estar presentes em quantidade suficiente para dissolver o açúcar, o leite em pó, e outros ingredientes secos. Com eles, a umidade do produto final aumenta e regula a consistência da massa. Também são responsáveis pelo desenvolvimento da proteína na farinha, até certo limite, a fim de reter o gás produzido pelo fermento em pó (INDRANI; RAO, 2008).

### **3.5.10. Emulsificantes**

Na massa de bolos, os emulsificantes auxiliam na incorporação e subdivisão do ar dentro da fase líquida, facilitando a formação de espuma, e também permitindo a dispersão uniforme da gordura que contém as células de ar aprisionadas. Isso gera mais espaços para expansão do gás, e oferece maior estabilidade das bolhas de gás durante o processo de cozimento, resultando em um volume maior e textura macia (PYLER, 1973; SAHI; ALAVA,

2003). Os emulsificantes mais utilizados na elaboração de bolos são: estearoil-2-lactil lactato de sódio (SSL), monoestearato de dietileno glicol (DGMS), monoestearato de propileno glicol (PGMS), polisorbato 60 e ésteres de sorbitana (SMS/STS) (INDRANI; RAO, 2008).

A formação e a estabilização da emulsão nas massas de bolos são favorecidas com a adição de emulsificantes (SAHI, 2008). Estes aditivos aumentam a viscosidade, facilitando a retenção das bolhas de ar e a redução da velocidade de difusão do ar para fora da massa (SAHI; ALAVA, 2003).

### **3.5.11. Conservantes químicos**

Geralmente reconhecidos como seguros (GRAS), tanto o propionato de sódio como o de cálcio, podem ser considerados os agentes antimicrobianos mais importantes na indústria de alimentos em geral, e, em particular, na indústria de panificação são amplamente utilizados. São encontrados como um pó, de cor branca, solúveis em água, não corrosivos e possuem um ligeiro odor que não é perceptível nos produtos de panificação. São rapidamente digeridos e metabolizados no corpo, da mesma forma que os carboidratos (GRUNDY, 1996).

Tanto o propionato de sódio como o de cálcio são eficazes como anti-mofos, têm pouca atividade anti-bacteriana (exceto para *B. mesentericus*), mas não possuem capacidade para prevenir a aparição de leveduras. A atividade antimicrobiana destes conservantes é maior quando utilizados em produtos dentro de uma faixa de pH de 4,5 – 6,0, onde ambos são rapidamente transformados em ácido livre. O propionato de cálcio é preferido pela sua contribuição no enriquecimento nutricional e pela fácil manipulação. O propionato de sódio é recomendável para produtos que têm fermentos químicos, porque o íon cálcio no propionato de cálcio pode afetar a ação de

crescimento do fermento em pó e outros agentes químicos de crescimento. Quando é utilizado o propionato de sódio, deve-se subtrair do peso inicial de cloreto de sódio quantidade equivalente à que será adicionada deste propionato (GRUNDY, 1996).

### **3.6. Enzimas**

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define enzimas como “proteínas capazes de catalisar reações bioquímicas, aumentando sua velocidade sem interferir no processo, e resultando em alterações desejáveis nas características de um alimento durante o seu processamento”. A Resolução RDC nº 348, de 02 de dezembro de 2003, aprova a utilização de enzimas na indústria de alimentos (BRASIL, 2006); e a Resolução RDC nº 205, de 14 de novembro de 2006, aprova o regulamento técnico sobre enzimas e preparações enzimáticas para uso na produção de alimentos destinados ao consumo humano, esclarecendo que o emprego de enzimas e preparações enzimáticas na fabricação de um alimento está condicionado à sua necessidade tecnológica (BRASIL, 2003).

As enzimas podem ser consideradas coadjuvantes de tecnologia de fabricação, dado que, segundo a Legislação Brasileira, esta definição compreende toda substância que se emprega intencionalmente na elaboração de matérias-primas, alimentos ou seus ingredientes para obter uma finalidade tecnológica durante o tratamento ou fabricação e que deverá ser eliminada do alimento ou inativada, podendo admitir-se no produto final a presença de traços de substância, ou seus derivados (BRASIL, 1997).

As enzimas, de uma forma geral, têm uma grande utilidade em panificação, pois melhoram o volume, o sabor, o aroma, a maciez, a estrutura da casca e do miolo, e aumentam a vida útil dos produtos (QUEJI; SCHEMIN;

FERREIRA, 2006). Enzimas fúngicas e bacterianas disponíveis para panificação incluem  $\alpha$ -amilase, protease, amiloglicosidade, pentosanase, glucanase e fitase. Entre as mais importantes dessas estão as  $\alpha$ -amilases. A suplementação com  $\alpha$ -amilase aumenta a quantidade dos açúcares fermentáveis, melhora a cor da crosta, incrementa o volume, melhora o sabor, melhora a retenção do gás através da modificação do amido, incrementa a retenção de umidade do miolo e retarda o envelhecimento (MATHEWSON, 2000; INDRANI; RAO, 2008).

As amilases podem ser divididas em duas categorias: endoamilases e exoamilases. As endoamilases atuam internamente sobre os polímeros de amido, hidrolisando aleatoriamente as ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1-4) (GUPTA *et al.*, 2003). Nesta categoria, encontram-se as  $\alpha$ -amilases (E.C. 3.2.1.1.) capazes de formar oligosacarídeos (de comprimentos diferentes) com configuração  $\alpha$ , e dextrinas  $\alpha$ -limite (VAN DER MAAREL *et al.*, 2002), que constituem uma mistura de maltose, maltotriose, e oligosacarídeos ramificados de 6-8 unidades de glicose com ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 (WHITCOMB; LOWE, 2007) (Figura 3a).

As exoamilases atuam a partir das extremidades não-redutoras da cadeia (sobre os resíduos externos de glicose da amilose ou amilopectina) (GUPTA *et al.*, 2003). Nesta categoria, encontram-se as  $\beta$ -amilases (E.C. 3.2.1.2.) que, como resultado da hidrólise, produzem glicose ou maltose, e dextrinas  $\beta$ -limite (VAN DER MAAREL *et al.*, 2002).

Comumente, as amilases são adicionadas para suprir deficiências desta enzima na farinha de trigo, o que permite prevenir o envelhecimento do pão. As amilases incrementam o nível de açúcares fermentáveis e redutores, maximizando a fermentação. Na farinha de trigo, há quantidades suficientes de  $\beta$ -amilase, mas a atividade da  $\alpha$ -amilase é limitada. Com a suplementação com  $\alpha$ -amilase, formam-se dextrinas de baixo peso molecular, as quais são

convertidas em maltose pela ação da  $\beta$ -amilase endógena, que posteriormente é fermentada pela levedura (GOESAERT *et al.*, 2006).

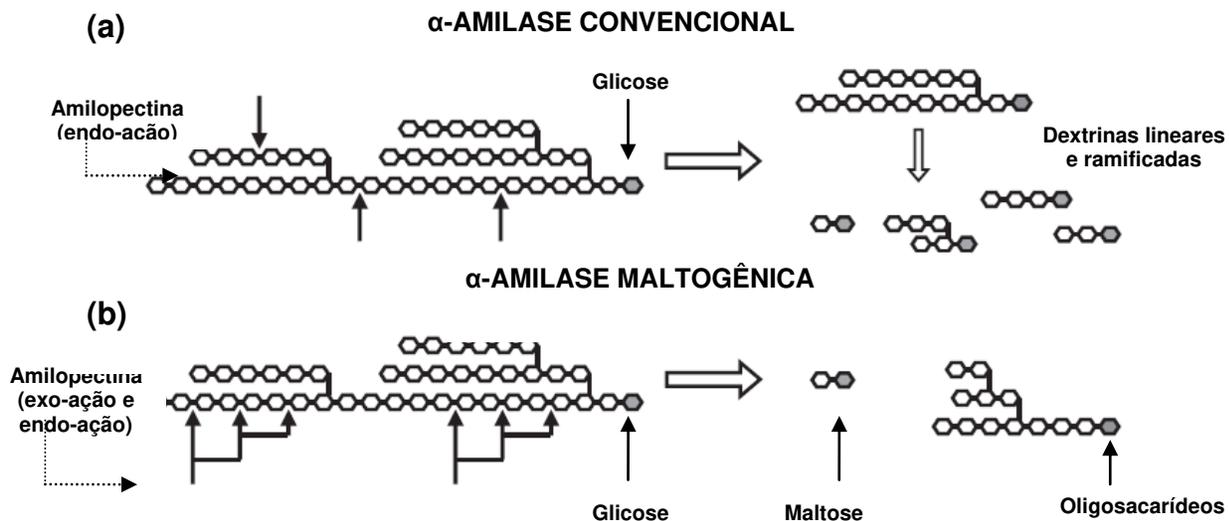
Com o uso sinérgico de  $\alpha$ - e  $\beta$ -amilase, é possível incrementar o *shelf-life* dos produtos de panificação (VAN EIJK, 1991). Como as  $\alpha$ -amilases originam pegajosidade, especialmente quando adicionadas em quantidades elevadas, foi sugerido que esse problema poderia ser evitado utilizando uma exoamilase, tal como a  $\alpha$ -amilase maltogênica (VAN DER MAAREL *et al.*, 2002).

Certos preparados enzimáticos consistem principalmente de  $\alpha$ -amilases bacterianas ou fúngicas com termoestabilidade intermediária. Uma das mais efetivas é a  $\alpha$ -amilase maltogênica de *Bacillus stearothermophilus*, cuja temperatura de inativação é acima de 60°C (GRAY; BEMILLER, 2003; GOESAERT *et al.*, 2009 b).

A  $\alpha$ -amilase maltogênica hidrolisa ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1-4) dos polímeros de amido, liberando quase exclusivamente  $\alpha$ -maltose (Figura 3b) (CHRISTOPHERSEN *et al.*, 1998). O seu modo de ação não é totalmente claro. Alguns trabalhos sugerem que a  $\alpha$ -amilase maltogênica de *Bacillus stearothermophilus* atua como uma exo-amilase (BOWLES, 1996; KRAGH, 2002), e que o mecanismo anti-firmeza desta enzima pode ser atribuído, fundamentalmente, à degradação extensiva das ramificações externas da amilopectina cristalizável (“retrogradável”), resultando em um grande número de cadeias curtas que dificilmente cristalizam (retrogradam), o que limita a formação de uma rede de amilopectina estável durante a estocagem (GOESAERT *et al.*, 2009 b; WÜRSCH; GUMY, 1994; VANDEPUTTE *et al.*, 2003). Uma quantidade relativamente elevada de polímeros de glicose de cadeias curtas (com grau de polimerização menor que 11), produtos da hidrólise da amilopectina, inibe a retrogradação (WÜRSCH; GUMY, 1994; VANDEPUTTE *et al.*, 2003).

No entanto, a  $\alpha$ -amilase maltogênica tem características de uma endo-  $\alpha$ -amilase, pois hidrolisa sem precisar de uma extremidade não-redutora, não inverte a configuração anomérica (CHRISTOPHERSEN *et al.*, 1998) e é capaz de reduzir o peso molecular da amilose (LEMAN *et al.*, 2005). Bijttebier, Goesaert e Delcour (2007) avaliaram os múltiplos modos de ação desta enzima utilizando amilose como substrato e encontraram que, nos estágios iniciais da hidrólise, a enzima atua como uma  $\beta$ -amilase hidrolisando as ligações  $\alpha$ -(1,4) a partir da extremidade não-redutora, mas, prolongando-se o tempo de incubação, particularmente a altas temperaturas, aparece uma pronunciada endo-ação. A  $\alpha$ -amilase maltogênica produz maltose e glicose, assim como algumas maltodextrinas (CHRISTOPHERSEN *et al.*, 1998).

A Figura 3 apresenta a representação esquemática da ação da  $\alpha$ -amilase convencional (endoenzima) e da  $\alpha$ -amilase maltogênica (exoenzima e endoenzima) sobre a fração amilopectina do amido (GOESAERT *et al.*, 2009 b).



**Figura 3.** Representação esquemática da ação de diferentes enzimas amilolíticas sobre a amilopectina (polímero do amido) (GOESAERT *et al.*, 2009 b)

O anel cinza representa a redução dos resíduos de glicose. (a)  $\alpha$ -amilase de ação endógena, produzindo dextrinas ramificadas e lineares de baixo peso molecular, e (b)  $\alpha$ -amilase maltogênica de ação exógena e endógena, produzindo principalmente maltose a partir das extremidades não-redutoras da molécula de amilopectina.

Quando esta enzima é adicionada em produtos como pães, a recristalização da amilopectina pode ser evitada pela formação de elevados níveis de dextrinas e maltose que contribuem na redução da firmeza (GOESAERT *et al.*, 2009 a). No entanto, existe um limite, já que um nível excessivo de dextrinas causa pegajosidade (EVERY; ROSS, 1996).

Goesaert *et al.* (2009 b) estudaram a estrutura do amido em pães suplementados com  $\alpha$ -amilase de *Bacillus subtilis* (BSuA) e  $\alpha$ -amilase maltogênica de *Bacillus stearothermophilus* (BStA). Os resultados obtidos foram correlacionados com a firmeza do miolo e a recristalização da amilopectina. Observou-se que com BStA (em concentrações de 5,05, 10,1 e 20,2 UE/g de farinha) obtiveram-se os melhores resultados para retardar o envelhecimento, dado que houve um incremento mínimo da firmeza

(aproximadamente de 1,5 vezes) durante a estocagem de 6 dias, e diminuição do nível de amilopectina retrogradada, medido através de análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) do miolo dos pães.

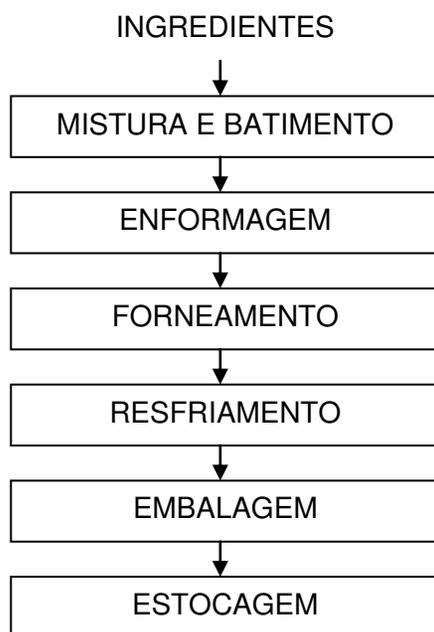
Lagrain *et al.* (2008) estudaram o impacto da  $\alpha$ -amilase de *Bacillus subtilis* (BSuA) e de *Bacillus stearothermophilus* (BStA) sobre a estrutura do miolo, volume e firmeza inicial do pão. Eles concluíram que as propriedades do amido são altamente influenciadas pelo modo de ação da enzima. A BStA (5,06 UE/g farinha) degradou o amido, principalmente no final da fase de forneamento e durante o resfriamento do pão, mas causou pouco ou nenhum impacto sobre a estrutura do miolo. No entanto, a firmeza inicial dos pães com BStA (567 g) foi maior do que as amostras sem enzimas (320 g). A BSuA (0,119 UE/g de farinha) degradou continuamente a fração de amido durante todo o processo de forneamento e resfriamento. A sua ação resultou na formação de células de gás maiores que as das amostras sem enzima, mas não alterou a firmeza inicial (322 g). Nenhuma destas enzimas teve influencia sobre o peso nem sobre o volume dos pães.

Embora o uso de enzimas seja uma prática comum em pães, existem poucos estudos sobre o efeito da aplicação de enzimas no processamento de bolos. Guy e Sahi (2006) avaliaram os efeitos da adição de lipase em bolos tipo *high-ratio layer cake*, e chegaram à conclusão de que esta enzima induz importantes mudanças benéficas na massa do bolo, além de reduzir o tempo de aeração da massa em 20-30%. Outras observações do mesmo estudo indicaram que o emprego desta enzima influenciou positivamente a expansão e o volume específico, mantendo o miolo com uma textura fina.

### 3.7. Etapas do processamento de bolos

As principais etapas do processamento de bolos são as apresentadas no fluxograma geral da Figura 4.

O processo de mistura pode variar em função da ordem de adição dos ingredientes, duração, velocidade da batedeira, temperatura e outros fatores, de acordo com a natureza do bolo que é produzido (com ou sem gordura). Na etapa de forneamento, a escolha dos parâmetros tempo e temperatura, depende da formulação e da fluidez da massa, do tamanho das formas ou recipientes, entre outros fatores (TIREKI, 2008).



**Figura 4.** Fluxograma da produção de bolos

### 3.7.1. Mistura e batimento

A temperatura dos ingredientes da formulação antes da mistura é importante para garantir a sua funcionalidade, p.ex., é importante (i) ter uma determinada porcentagem de sólidos da gordura para formar os núcleos de aeração; (ii) otimizar a capacidade de aeração da albumina do ovo e (iii) controlar a solubilidade dos compostos do fermento químico. Para isto, recomenda-se uma temperatura de 21°C (TIREKI, 2008; BENNION; BAMFORD, 1997).

A etapa de mistura e batimento deve permitir uma dispersão homogênea dos ingredientes, com a máxima incorporação de ar, e o mínimo desenvolvimento do glúten (SHELKE; FAUBION; HOSENEY, 1990; CALDWELL; DAHL; FAST, 1991).

Quando se aplica o método com formação de creme, misturam-se juntos a gordura e o açúcar com a finalidade de formar os núcleos de aeração. Pequenas bolhas de ar são introduzidas dentro das partículas de gordura dispersas. A correta aeração da massa depende do tamanho dos cristais de gordura, sendo que os de menor tamanho (forma  $\beta'$ ) conferem as melhores propriedades de aeração pela sua uniformidade e estabilidade (LAI; LIN, 2006).

Para obter um bolo com grande volume, de alvéolos fechados e estrutura fina, é importante que na etapa do batimento sejam incorporados vários pequenos núcleos de ar. Se os núcleos são poucos e grandes, resultará em um produto com volume inferior, de alvéolos abertos e grosseiros (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002).

A viscosidade da massa é um dos fatores que controla o volume final dos bolos. Na massa, a taxa de propagação das bolhas de ar devido à

flutuabilidade é inversamente proporcional à viscosidade. Viscosidades altas conduzem à obtenção de produtos com volume desejável. Massas suficientemente viscosas aprisionam os núcleos de ar formados durante o batimento e têm a capacidade de retê-los no forneamento. No entanto, se a viscosidade for muito alta, a expansão das bolhas de ar se restringe (SAHI; ALAVA, 2003). Em massas com menor viscosidade, a emulsão formada separa-se facilmente ainda antes de ser colocada no forno, e na etapa de forneamento, o dióxido de carbono expandido e o vapor de água produzido, podem não ser retidos no sistema, resultando em bolos com baixo volume e com qualidade inferior (WILDERJANS *et al.*, 2008; SAHIN, 2008).

Para a formação de uma massa estável é importante que sejam formadas muitas células de ar pequenas, de tamanho uniforme. Quando há bolhas grandes e uma distribuição não uniforme, há uma tendência das bolhas de ar menores juntarem-se às maiores, formando bolhas maiores ainda (a este fenômeno dá-se o nome de coalescência). Estas bolhas tendem a subir para a superfície, desvanecendo-se, resultando em perda de gás e, conseqüentemente, bolos de menor volume. Para evitar maiores perdas de gás, também é importante não demorar muito para colocar as massas no forno (HOSENEY, 1998).

A incorporação do ar dependerá do tempo de batimento, da velocidade e do desenho da batedeira, e também da viscosidade e tensão superficial da massa. No final desta etapa, a massa deve ser suave, e com grande quantidade de ar na forma de células pequenas dentro da fase gordurosa ou na fase aquosa, dependendo da formulação (SAHIN, 2008).

### 3.7.2. Forneamento

Em bolos, o forneamento representa o processo no qual a massa passa de uma emulsão para uma estrutura porosa, e o tempo que isso leva é conhecido como tempo de fixação térmica (*thermal setting*). No entanto, a complexidade das massas de bolos, que contêm muitos ingredientes, tem feito com que seja difícil esclarecer o mecanismo deste fenômeno (MIZUKOSHI; KAWADA; MATSUI, 1979; NGO; TARANTO, 1986; CAUVAIN; YOUNG, 2001).

Quando a massa é colocada no forno, inicialmente a viscosidade diminui, mas conforme o aquecimento continua, a viscosidade aumenta como principal consequência da gelatinização do amido, resultando em uma aparência sólida (KÖKSEL; GÖKMEN, 2008).

O forneamento é provavelmente o fator mais importante que governa a qualidade do produto final, pois nele se desenvolvem as características desejáveis de estrutura, textura, flavor, espessura da crosta e cor dos produtos. Deficiências no forneamento podem acabar com o sucesso alcançado em etapas prévias, como o uso de formulações adequadas, matérias-primas apropriadas e técnicas corretas de processamento. As diferentes características (cor e espessura da crosta, volume, estrutura do miolo, textura e aroma) que os produtos exibem são consequência direta de sua formulação específica, da transferência de massa (evaporação, condensação, convecção e difusão), e das diferentes combinações de transferência de calor no forno, seja por convecção, radiação ou condução (ZHOU; THERDTHAI, 2008). Nesta etapa, o volume aumenta até 70%, devido à formação de gás, produto da ação do fermento químico, da expansão dos gases e do vapor d'água, e isso resulta em uma diminuição da densidade ao redor de 75% no final do processo (BENNION; BAMFORD, 1997; SABLANI, 2009).

O crescimento da massa é o resultado do aumento da temperatura que causa o aumento da pressão de vapor de água e da taxa de formação de dióxido de carbono. A estrutura do bolo se fixa com a gelatinização do amido e a coagulação de proteínas, que também ocorrem a altas temperaturas (KOCER *et al.*, 2007). Quando a massa é colocada no forno, o primeiro que se observa como produto do calor é a formação quase instantânea de uma fina camada superficial que inicialmente dilata com facilidade. O período de tempo durante o qual esta camada é expansível depende das condições de temperatura e umidade que imperam no forno. Primeiramente, nas camadas externas, os agentes de crescimento liberam dióxido de carbono dilatando as células de ar. À medida que o aquecimento continua, este fenômeno se estende por toda a massa. A massa continua apresentando um aumento regular e progressivo em relação ao volume, o que representa o assim chamado “*oven rise*” (crescimento no forno) (CAUVAIN; YOUNG, 2000). De acordo com Kim e Walker (1992), o desempenho no forneamento está relacionado com o correto ponto de cozimento dos bolos, dado pelo controle da temperatura de gelatinização do amido. Finalmente, uma crosta fina é formada com o aparecimento da cor castanho-dourada característica, em função da caramelização dos açúcares e da reação de Maillard (HUG-ITEN; ESCHER; CONDE-PETIT, 2001).

No processamento de bolos é necessária uma temperatura relativamente baixa, na faixa de 175 a 215°C. Se a temperatura de forno for demasiado baixa, a cor da crosta será inadequada, o volume excessivo, e o miolo esfarelará com excessiva perda de umidade. Pelo contrário, se a temperatura for demasiado alta, ocasionará uma coloração excessiva da crosta, miolo cru, volume pequeno com alvéolos irregulares, e frequentemente picos altos (ZHOU; THERDTHAI, 2008). Uma mistura formulada com menos ingredientes (denominada de “pobre”), deve ser colocada em um forno a temperaturas mais altas do que as utilizadas para misturas ricas em gorduras,

açúcares, frutas ou xaropes. A regra é que a massa seja cozida em um forno tão quente quanto possível, de acordo com a natureza dos ingredientes, tamanho e forma do produto (BENNION; BAMFORD, 1997).

### **3.7.3. Resfriamento**

Após o forneamento, os produtos de panificação passam por uma série de mudanças químicas e físicas que estão relacionadas com o envelhecimento, sendo que a modificação mais importante é o aumento gradual da firmeza dos produtos, o que afeta a sua qualidade comestível. Isto está relacionado com a retrogradação do amido (STAUFFER, 2000).

Pesquisas demonstram que este fenômeno é um processo complexo que ainda não é completamente entendido. As mudanças são devidas principalmente às interações amido-amido, à migração de água, à temperatura de estocagem, e à transição vítrea (BAIK; CHINACHOTI, 2000; LEE; SWANSON; BAIK, 2001; LEE; SWANSON; BAIK, 2001; SEETHARAMAN *et al.*, 2002).

## **3.8. Qualidade de bolos**

### **3.8.1. Parâmetros de qualidade**

Para produzir um bolo de boa qualidade existem fatores que é preciso enfatizar: preparação cuidadosa de todos os ingredientes previamente à mistura (especialmente em relação à temperatura), escolha de métodos de

mistura apropriados, manipulação cuidadosa da massa e forneamento adequado (BENNION; BAMFORD, 1997).

O volume é uma característica importante na avaliação da qualidade de bolos. O volume específico e a densidade mostram claramente a relação entre o teor de sólidos e a fração de ar existente na massa assada. Massas com densidade alta ou volume específico baixo (embatumadas) apresentam aspecto desagradável e estão associadas ao alto teor de umidade, falhas no processo, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação. A granulidade mais “aberta” é característica de massas com grande volume (maior fração ar/sólidos) e menor densidade (ESTELLER; JÚNIOR; LANNES, 2006).

A cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Bolos com crostas muito claras ou muito escuras estão associados a falhas no processo e na formulação (ESTELLER; LANNES, 2005).

O conteúdo de umidade (principalmente do miolo, mais do que da crosta) é o parâmetro com maior impacto sobre a percepção de frescor em bolos, e geralmente é um pouco superior à umidade dos pães (CAUVAIN; YOUNG, 2000). Segundo Stauffer (2000), o incremento de umidade de pão em 2% aumenta o seu *shelf-life* por um dia. A umidade apropriada de bolos é garantida quando a temperatura e o tempo de forneamento são corretos. Umidade em excesso fomenta a atividade microbiana e deixa as massas “grudentas” (BENNION; BAMFORD, 1997), afeta a textura, produz um miolo mais coeso, pegajoso e gomoso (CAUVAIN; YOUNG, 2000).

Há duas análises básicas para avaliar a água em alimentos: o conteúdo de água e a atividade de água ( $A_w$ ). Muitos estudos referentes às propriedades dos alimentos têm estabelecido que a determinação do conteúdo de água não é suficiente para prever a sua estabilidade (KAREL; LUND, 2003). Neste sentido, a medição da atividade de água, que indica a água livre,

pode ser útil para prever a estabilidade e a segurança de um alimento, com respeito ao crescimento microbiano, reações de deterioração, e propriedades químicas e físicas (FONTANA, 1998).

As propriedades de textura de um alimento são formadas por um grupo de características físicas que emanam dos seus elementos estruturais, percebidas inicialmente pelo tato, relacionadas com a deformação, desintegração e movimentação do alimento sob a ação de uma força, que pode ser medida objetivamente em função da massa, tempo e distância (BOURNE, 2002). A textura de um alimento pode ser definida então como todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície que são perceptíveis por meios instrumentais e sensoriais (ROSENTHAL, 1999). O procedimento para determinação da firmeza e demais parâmetros de textura de bolos por métodos instrumentais consiste em fatiar as amostras, submetê-las à compressão em texturômetro mecânico e analisar a curva força-tempo resultante. A dureza ou firmeza do bolo avaliada é proporcional à força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra e está correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada, para alimentos dessa natureza, é dependente da formulação, umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem). Miolos de bolos com elevadas quantidades de gordura e açúcar, que exercem efeito amaciante na massa, apresentam valores baixos de firmeza (ou maior maciez). Bolos com tempo excessivo de forneamento ou que tenham perdido de alguma outra forma a umidade (embalagem aberta, por exemplo), apresentam-se como uma massa firme que necessita de maior salivagem e mastigação (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004; ESTELLER *et al.*, 2004).

A análise instrumental de imagens pode ser utilizada para um melhor entendimento das transformações microestruturais dos alimentos durante o seu processamento, e do impacto dos diferentes ingredientes sobre eles,

permitindo assim um melhor controle sobre a estrutura (WILKINSON; DIJKSTERHUIS; MINEKUS, 2000).

As técnicas para analisar imagens são as mais apropriadas para avaliar a estrutura dos alimentos, porque são os únicos métodos analíticos que produzem resultados na forma de imagens mais do que números. No entanto, as imagens podem também ser convertidas em dados numéricos para permitir sua avaliação estatística (KALÁB; ALLAN-WOJTAS; MILLER, 1995). O uso de sistemas de análise de imagem, que unem a câmera de captura de imagens ao computador, e que apresentam como princípio a separação de imagens dentro de áreas pretas e brancas contra um segundo plano, permite avaliar com precisão parâmetros para a fixação de identidade e qualidade de produtos de panificação (ESTELLER; LANNES, 2005).

Na avaliação de imagens existe uma correlação entre as avaliações computacionais e a percepção visual humana (QUEVEDO *et al.*, 2002). Segundo Kassama (2003), um material poroso é uma rede formada por vários capilares que se encontram separados por espaços vazios de vários tamanhos e formas. Em bolos, a porosidade do miolo está relacionada à estrutura alveolar observada pelos consumidores.

### **3.8.2. Defeitos em bolos**

O balanceamento correto dos ingredientes da formulação é essencial para se obter um bolo de boa qualidade. Deve existir um balanço adequado entre aqueles ingredientes que abrem a textura (p. ex., açúcar, gordura, fermento químico) e os que a fecham (p. ex., leite e outros líquidos). Se um bolo contém demasiado açúcar ou fermento, a estrutura será enfraquecida ao ponto que colapsará no centro, produzindo o conhecido defeito “M”. Por outro

lado, um bolo com demasiado líquido terá uma estrutura rígida, gomosa, que colapsará depois do forneamento, e terá uma tendência a se encolher formando lados côncavos, o que é conhecido como o defeito “X” (BENNION; BAMFORD, 1997).

A Tabela 1 resume os defeitos mais comuns em bolos e suas respectivas causas.

**Tabela 1.** Principais defeitos que ocorrem no processamento de bolos e suas causas

<b>Defeito</b>	<b>Causa</b>
1. Rachaduras abaixo da superfície do bolo	1. Cozimento incompleto 2. Choques durante o cozimento 3. Forno muito quente
2. Rachaduras no fundo do bolo	1. Demasiado líquido 2. Falta de fermento químico 3. Falta de açúcar 4. Farinha demasiado fraca 5. Falta de ovos
3. Colapso no centro do bolo – manchas brancas na crosta	1. Excesso de açúcar
4. Colapso no centro do bolo – crosta escura	1. Excesso de fermento químico
5. Volume pequeno – colapso pelos costados	1. Excesso de líquidos 2. Falta de ovos 3. Farinha muito fraca
6. Volume pequeno – superfície “couve-flor”	1. Forno demasiado quente 2. Insuficiente vapor no forno 3. Farinha muito forte 4. Excesso de ovos 5. Falta de açúcar
7. Presença de grandes buracos no miolo	1. Aeração insuficiente 2. Pesagens erradas 3. Batimento excessivo
8. Miolo descolorido	1. Fermento químico formulado com excesso de álcali
9. Miolo demasiado frágil	1. Demasiada gordura em relação aos ovos
10. Miolo quebradiço – textura aberta grosseira	1. Farinha fraca 2. Quantidade insuficiente de ovos em relação à gordura 3. Excesso de açúcar 4. Excesso de fermento químico 5. Forno frio – cozimento lento

Fonte: BENNION; BAMFORD, 1997.

### **3.8.3. Alterações que ocorrem durante a estocagem**

Na estocagem, mesmo em condições para prevenir a perda de umidade dos bolos, estes perdem frescor e incrementam sua firmeza, principalmente em temperaturas entre 15 a 20°C. Quanto maior o conteúdo de umidade, maior é a atividade de água e, conseqüentemente, menor o *shelf-life* dos produtos (CAUVAIN; YOUNG, 2000).

Algumas alterações que ocorrem em bolos, como o aumento da firmeza pela perda de água para a atmosfera, a tendência ao esfarelamento devido às alterações na coesividade, modificações (normalmente perdas) no aroma e no sabor, estão relacionadas às condições de estocagem, embalagem, temperatura e umidade relativa. Valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento porque esfarelam com facilidade. Produtos “envelhecidos” (maior tempo de estocagem) perdem sua elasticidade (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004). Bolos quebrados ou esfarelados são deixados de lado pelo consumidor no ponto de venda (BENNION; BAMFORD, 1997).

Após o forneamento, os produtos de panificação passam por uma série de mudanças químicas e físicas que estão relacionadas com o envelhecimento. A mais importante delas é o incremento gradual da firmeza, mas pode ser minimizada com o uso de emulsificantes, enzimas ou a combinação destes (PARKER; RING, 2001).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material

As seguintes matérias-primas foram utilizadas nos testes descritos nos itens 4.3 a 4.7:

- ◆ Farinha de trigo PROPAN 75 (Bunge Alimentos S.A., Poço Grande, SC), com a seguinte especificação do fornecedor: absorção de água = 52-55%, estabilidade = máx. 9,0 min, tenacidade (P) = 65-95 mm, extensibilidade (L) = 55-120 mm, relação tenacidade/extensibilidade (P/L) = 0,7-1,8, força do glúten (W) = 200-300 x 10<sup>-4</sup>J, gentilmente doada em um único lote e armazenada em câmara fria a 4°C (itens 4.3, 4.4 e 4.7).
- ◆ Farinha de trigo Renata (Pastifício Selmi S/A, Sumaré, SP) (item 4.6, testes preliminares).
- ◆ Amido de milho Amisol® 3408 (Corn Products, Mogi Guaçu, SP).
- ◆ Açúcar refinado Cometa (Usina Cerradinho Açúcar e Álcool S/A, Catanduva, SP).
- ◆ Gordura vegetal Low Trans TRI HS-LT (Triângulo Alimentos, Itápolis, SP) (item 4.7).
- ◆ Gordura vegetal Pan Advance S750 (Cargill Agrícola S/A, Mairinque, SP) (item 4.6, testes preliminares).
- ◆ Ovo integral pasteurizado Fleischeggs (AB Brasil Ind. e Com. de Alimentos Ltda., Jundiaí, SP), armazenado em geladeira a 7°C.
- ◆ Leite integral UHT Terra Viva (Cooper Oeste São Miguel do Oeste, SC) (item 4.7).
- ◆ Leite integral Italac (Italac Alimentos, Goiás Minas Indústria de Laticínios Ltda., Corumbáiba, GO) (item 4.6, testes preliminares).

- ◆ Gel emulsificante Volumix Zimase (Zimase Produtos para Panificação Ltda., São Paulo, SP) contendo monoestearato de sorbitana (monoglicérido), polisorbato 80 e sorbato de potássio.
- ◆ Sal refinado de mesa Cisne (Refinaria Nacional de Sal S/A, Cabo Frio, RJ).
- ◆ Fermento químico em pó Fleischmann (AB Brasil Ind. e Com. de Alimentos Ltda., Jundiaí, SP) composto por bicarbonato de sódio, pirofosfato ácido de sódio e fosfato monocálcico, armazenado em local seco e fresco.
- ◆ Propionato de sódio 25-SC (Metachem Industrial e Comercial Ltda., Itupeva, SP).
- ◆ Desmoldante Zeelandia (Emulzint Aditivos Alimentícios Ind. e Com. Ltda., Jundiaí, SP).
- ◆ Aromatizante artificial de baunilha Baunilha Prata (Iceberg Ind. Com. Ltda., Jandira, SP).
- ◆ Enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica, Linha Spring Cake (Granotec do Brasil S/A, Curitiba, PR), uma preparação enzimática de  $\alpha$ -amilase maltogênica purificada de *Bacillus stearothermophilus*, produzida por fermentação submersa do microorganismo *Bacillus subtilis*. As especificações declaradas pelo fornecedor incluem:
  - Atividade enzimática  $\alpha$ -amilase maltogênica mín.: 48,000 UAMG/g;
  - pH ótimo de atuação: 4,0 – 6,0;
  - Temperatura ótima de atuação: 25 – 50°C;
  - Temperatura de inativação: acima de 60°C (completamente inativada durante a cocção);
  - Dosagem recomendada: 500 – 1000 ppm sobre o peso da farinha.
  - A enzima foi armazenada em geladeira a 7°C.
- ◆ Anti-mofo líquido (contendo álcool de cereais, sorbato de potássio, propionato de cálcio) (Zimase Produtos para Panificação Ltda., São Paulo, SP).

## **4.2. Métodos**

O procedimento experimental deste trabalho foi dividido nas seguintes etapas: (i) caracterização da farinha de trigo; (ii) avaliação do efeito da enzima sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo; (iii) balanceamento das formulações dos bolos, com definição dos níveis de gordura e amido de milho a serem utilizados (testes preliminares); (iv) elaboração dos bolos com diferentes níveis de gordura e enzima e (v) avaliação da qualidade das massas e dos bolos. Os métodos utilizados em cada uma destas etapas serão descritos a seguir.

## **4.3. Caracterização da farinha de trigo**

A farinha de trigo utilizada nos testes definitivos (PROPAN 75) foi caracterizada quanto à sua composição centesimal (umidade, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos), pH e propriedades de pasta no equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA).

### **4.3.1. Umidade**

O teor de umidade foi determinado por secagem da amostra, em triplicata, em estufa a 130°C por uma hora, segundo o método nº 44-15A da AACC (1995).

### **4.3.2. Proteínas**

A fração protéica foi obtida pela determinação da porcentagem de nitrogênio total da amostra, segundo a técnica micro-Kjeldahl, descrita no método nº 46-13 da AACC (1995), com fator de conversão de 5,7. As determinações foram realizadas em triplicata.

#### **4.3.3. Lipídios**

A determinação do extrato etéreo foi realizada, em triplicata, de acordo com o método nº 930.05 da AOAC (1995), utilizando éter etílico como solvente em extrator Soxhlet.

#### **4.3.4. Cinzas**

A porcentagem de cinzas foi determinada, em triplicata, segundo o método nº 08-01 da AACC (1995), através da calcinação da amostra em mufla a 550°C até massa constante.

#### **4.3.5. Carboidratos**

Os carboidratos foram determinados por diferença.

#### **4.3.6. pH**

O pH foi determinado utilizando-se pH-metro Digimed DM-20 (Digicrom Analítica Ltda., São Paulo, SP), com inserção do eletrodo

diretamente na suspensão contendo 10 g de farinha de trigo diluída em 100 mL de água destilada.

#### 4.3.7. Propriedades de pasta

As características de viscosidade de pasta da farinha de trigo foram determinadas, em triplicata, no analisador rápido de viscosidade (RVA - *Rapid Visco Analyser*), com o auxílio do programa Thermocline for Windows, versão 2.4, de acordo com as informações contidas no manual de instruções (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998). O peso da amostra utilizada foi de 3,5 g, com correção para umidade de 14%. O perfil utilizado apresenta-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Perfil utilizado para a análise das propriedades de pasta da farinha de trigo no *Rapid Visco Analyser* (RVA)

Tempo (min)	Variável	Valor
00:00:00	Temperatura	50°C
00:00:00	Velocidade de agitação	960 rpm
00:00:10	Velocidade de agitação	160 rpm
00:01:00	Temperatura	50°C
00:08:30	Temperatura	95°C
00:13:30	Temperatura	95°C
00:20:00	Temperatura	50°C

Os parâmetros avaliados foram: temperatura de pasta (°C), viscosidade máxima a 95°C (RVU), viscosidade mínima a 95°C (RVU), *breakdown* (viscosidade máxima – viscosidade mínima, que indica a resistência do grânulo de amido à ruptura sob aquecimento e agitação) (RVU), viscosidade final a 50°C (RVU) e *setback* (viscosidade final – viscosidade mínima, que indica a tendência à retrogradação do amido) (RVU).

#### **4.4. Avaliação do efeito da enzima sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo**

As características de viscosidade de pasta das misturas da farinha de trigo PROPAN 75 com a enzima foram determinadas, em triplicata, seguindo o mesmo procedimento descrito no item 4.3.7. A enzima foi adicionada diretamente na farinha de trigo nas dosagens de 0, 500, e 1000 mg/kg. A enzima (na forma de pó) foi diluída na água utilizada para a análise, garantindo a uniformidade da amostra.

#### **4.5. Balanceamento das formulações dos bolos**

Segundo Bennion e Bamford (1997), a correta definição de uma formulação de bolo deve ter um balanço adequado entre os ingredientes que abrem a estrutura (como açúcar, gordura e fermento químico) e os que a fecham (leite e água).

Para a definição das formulações dos bolos para o presente trabalho, foram levadas em consideração as regras para balanceamento de formulações de Bennion e Bamford (1997), apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Regras para o balanceamento de formulações de bolos, com exemplo de bolo com 60% de gordura (base farinha)

	<b>Regra</b>	<b>Exemplo</b>
1	Considerar a quantidade de farinha = 100.	100
2	Decidir sobre o teor de gordura desejado.	60
3	Quantidade de ovos = 1,25 x quantidade de gordura.	1,25 x 60 = 75
4	Líquido adicional (leite ou água) = 0,9 partes para cada parte de farinha em excesso do ovo.	(a) Farinha em excesso do ovo = 100 – 75 = 25  (b) Líquido adicional = 25 x 0,9 = 22,5
5	Açúcar = 20% da mistura total (farinha + gordura + ovos + líquido adicional + açúcar). Açúcar = 1/5 da mistura total; Mistura total = 5 x açúcar.	(a) 100 + 60 + 75 + 22,5 + açúcar = 5 x açúcar  (b) Açúcar = (100 + 60 + 75 + 22,5)/4 = 64,4
6	Fermento químico = 0,025 – 0,050 partes para cada parte de farinha em excesso do ovo, dependendo da forma e do tamanho do bolo.	(a) Farinha em excesso do ovo = 100 – 75 = 25  (b) Fermento químico = 25 x 0,025 – 0,050 = 0,625 – 1,250

Fonte: BENNION; BAMFORD, 1997.

## **4.6. Testes preliminares**

### **4.6.1. Definição dos níveis de gordura a serem utilizados**

Como descrito no item 4.5, para definir uma formulação balanceada, a quantidade de ingredientes deve ser calculada partindo-se de uma determinada porcentagem de gordura. Assim, o objetivo desta etapa foi definir os níveis de gordura a serem utilizados nos ensaios definitivos, determinando o efeito de diferentes concentrações de gordura (de 0 a 80%) sobre as características de qualidade das massas (pH e densidade aparente) e dos bolos (volume específico, umidade, cor e textura), durante 7 dias de estocagem.

Os bolos foram estocados em um ambiente com temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ . A análise de volume específico foi realizada no dia 1 após a produção, enquanto as de umidade, cor e textura foram realizadas nos dias 1, 4 e 7. As metodologias estão descritas nos itens 4.8.1. e 4.8.2.

#### **a) Formulações dos bolos**

A Tabela 4 apresenta as formulações utilizadas para a elaboração dos bolos neste ensaio preliminar. As proporções de gordura testadas foram de 0, 20, 40, 60 e 80% (base farinha) e os demais ingredientes foram adicionados de acordo com o balanceamento proposto por Bennion e Bamford (1997), descrito no item 4.5 (Tabela 3).

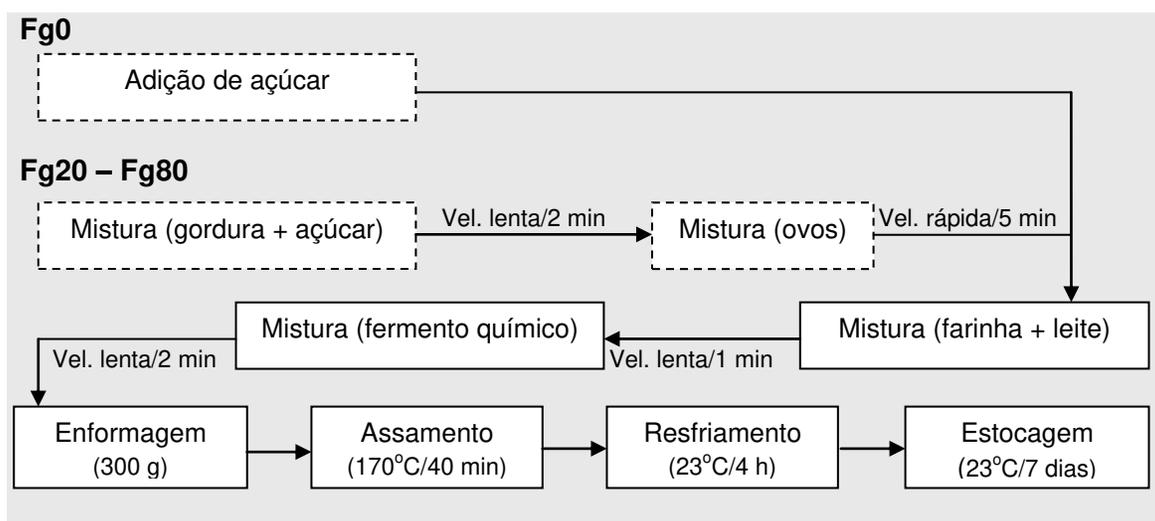
**Tabela 4.** Formulações dos bolos com diferentes concentrações de gordura

Ingredientes (%)	Formulações				
	Fg0	Fg20	Fg40	Fg60	Fg80
Farinha de trigo	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Gordura	-	20,00	40,00	60,00	80,00
Ovos	-	25,00	50,00	75,00	100,00
Leite	90,00	67,50	45,00	22,50	-
Açúcar	47,50	53,13	58,75	64,38	70,00
Fermento químico	5,00	3,75	2,50	1,25	-

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura.

## b) Preparo dos bolos

O método de preparo dos bolos é mostrado na Figura 5, abaixo.



**Figura 5.** Fluxograma do processo de preparo dos bolos com diferentes concentrações de gordura

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura. Vel. lenta: velocidade lenta; Vel. rápida: velocidade rápida.

#### **4.6.2. Definição do nível de amido de milho a ser utilizado**

O objetivo deste teste preliminar foi verificar o efeito de diferentes concentrações de amido de milho (0 a 20%) sobre as características de qualidade das massas (densidade aparente) e dos bolos (volume específico, umidade, cor e textura instrumental), durante 14 dias de estocagem, para definir a concentração a ser utilizada nos testes definitivos.

Os bolos foram estocados em um ambiente com temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ . A análise de volume específico foi realizada no dia 1 após a produção, enquanto as de umidade, cor e textura foram realizadas nos dias 1, 7 e 14. As metodologias estão descritas nos itens 4.8.1. e 4.8.2.

##### **a) Formulações dos bolos**

Na formulação padrão deste teste preliminar, a farinha de trigo foi substituída por amido de milho em concentrações de 0, 5, 10, 15 e 20%. A quantidade dos ingredientes principais (ovos, leite e açúcar) foi calculada de acordo com o balanceamento proposto por Bennion e Bamford (1997), descrito no item 4.5 (Tabela 3), partindo de uma concentração de gordura de 20% (base farinha). Colocou-se uma quantidade adicional de açúcar de 20%, para aproximar-se mais aos bolos comercializados no Brasil, e os demais ingredientes (fermento químico, gel emulsificante, propionato de sódio e aroma de baunilha) foram adicionados de acordo com as recomendações dos fornecedores. A quantidade de sal foi de 1% (base massa), menos a quantidade de propionato de sódio (GRUNDY, 1996).

A Tabela 5 apresenta as formulações utilizadas para a elaboração dos bolos neste teste preliminar.

**Tabela 5.** Formulações dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho

Ingredientes	Formulação				
	Fa0	Fa5	Fa10	Fa15	Fa20
Farinha de trigo (%)	100,00	95,00	90,00	85,00	80,00
Amido de milho (%)	-	5,00	10,00	15,00	20,00
<b>Total 1 (base farinha)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

	Quantidade	
	%	Gramas
Farinha + amido	100,00	1.000,00
Gordura vegetal <sup>1</sup>	20,00	200,00
Ovo líquido <sup>1</sup>	25,00	250,00
Leite integral <sup>1</sup>	67,50	675,00
Açúcar refinado <sup>1</sup>	73,13	731,25
Fermento químico em pó <sup>1</sup>	2,50	25,00
<b>Total 2 (base massa)</b>	<b>288,13</b>	<b>2.881,25</b>
Gel emulsificante <sup>2</sup>	2,00	57,63
Propionato de sódio <sup>2,3</sup>	0,15	4,32
Sal <sup>2,3</sup>	0,85	24,49
Aroma de baunilha <sup>2</sup>	1,00	28,81

Fa0: 0% amido; Fa5: 5% amido; Fa10: 10% amido; Fa15: 15% amido; Fa20: 20% amido.

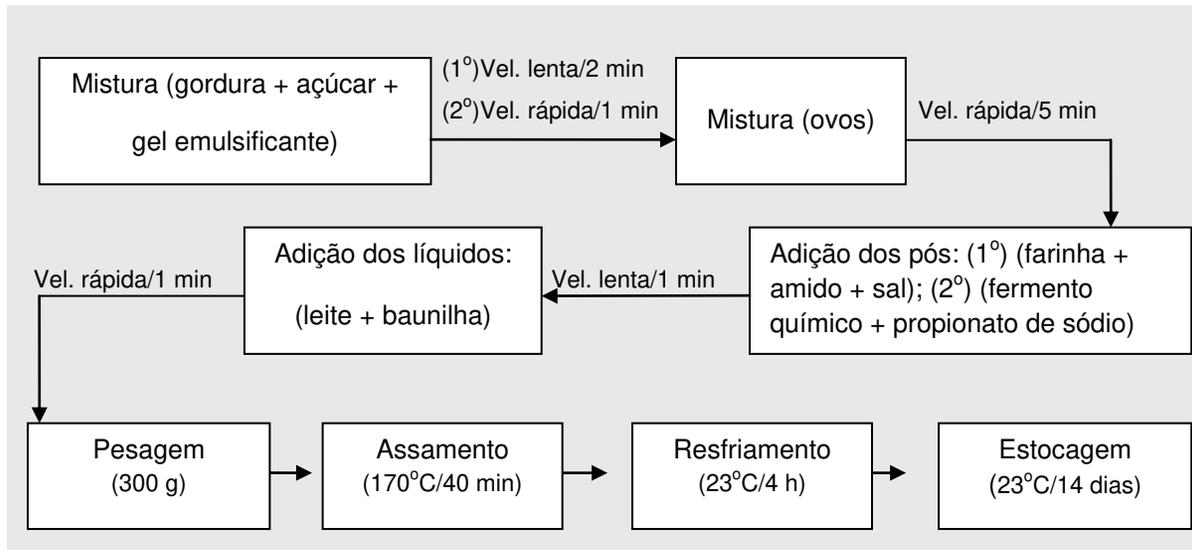
<sup>1</sup> Ingredientes adicionados sobre base farinha.

<sup>2</sup> Ingredientes adicionados sobre base massa.

<sup>3</sup> A soma do propionato de sódio e do sal equivale a aproximadamente 1% da base massa (GRUNDY, 1996).

## b) Preparo dos bolos

O método de preparo dos bolos é mostrado na Figura 6, abaixo.



**Figura 6.** Fluxograma do processo de preparo dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho

Vel. lenta: velocidade lenta; Vel. rápida: velocidade rápida.

## 4.7. Testes definitivos

### 4.7.1. Elaboração dos bolos com diferentes níveis de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica

O objetivo deste teste foi determinar o efeito da adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica na formulação de bolo tipo *pound cake* sobre a qualidade dos bolos, variando os teores da enzima e gordura. Verificou-se o efeito da variação destes 2 componentes da formulação sobre as características de qualidade das massas (pH, densidade e viscosidade aparente) e dos bolos

(volume específico, atividade de água, umidade, cor e textura instrumental, porosidade do miolo e análise sensorial), durante 21 dias de estocagem.

Os bolos foram estocados durante 21 dias em um ambiente com temperatura aproximada de 22°C. Para avaliar a sua estabilidade, realizaram-se determinações nos dias 1, 7, 14 e 21 de estocagem. As metodologias estão descritas no item 4.8.

#### **a) Formulações dos bolos**

Na produção dos bolos com enzimas, as formulações foram definidas de acordo com o balanceamento de ingredientes proposto por Bennion e Bamford (1997), descrito no item 4.5. O ponto de partida para construir a formulação é definir a quantidade de gordura, logo os demais ingredientes são adicionados obedecendo às condições apresentadas na Tabela 3. Com base nisso, foram calculadas as quantidades de ovo, leite, açúcar e fermento químico, mas incluíram-se algumas modificações, listadas abaixo:

Primeiro, ao total de açúcar calculado somou-se uma quantidade adicional de 20%. Isto porque em vários trabalhos relacionados com a fabricação de bolos no Brasil (MOSCATTO *et al.*, 2004; ZAMBRANO *et al.*, 2005; ESTELLER; JUNIOR; LANNES, 2006), observa-se que este ingrediente é adicionado na faixa de 60 a 90% (base farinha). Estes valores refletem os hábitos do consumidor brasileiro quanto a sua preferência pelos produtos com alto grau de doçura.

Segundo, padronizou-se a quantidade de fermento químico em 2,5% (base farinha). A quantidade definida pela Tabela 7 para bolos com 20, 40 e 60% de gordura seria, respectivamente, de 1,875 a 3,750, 1,250 a 2,500 e 0,625 a 1,250% de fermento químico, base farinha. Bennion e Bamford (1997) advertem que, quando se pretende aumentar a proporção de açúcar (o que

ocorre no balanceamento quando se aumenta a proporção de gordura), deve-se diminuir a quantidade de fermento em pó ou aumentar a quantidade de líquidos na formulação. O valor fixado (2,5%) encontra-se dentro da faixa recomendada pelo fornecedor (1 a 5%, base farinha).

Terceiro, além desses ingredientes, incluíram-se outros como amido de milho, propionato de sódio, sal, emulsificante, e aromatizante de baunilha. As proporções foram definidas da seguinte forma: (i) Amido de milho em 5% para substituir parte da farinha de trigo (com base nos resultados do ensaio preliminar para determinar o efeito da adição de diferentes concentrações de amido de milho sobre as características de bolos, descrito no item 4.6.2); (ii) Propionato de sódio e sal em proporções de 0,15 e 0,20% (base massa), respectivamente. Segundo Grundy (1996), quando é utilizado o propionato de sódio como conservante, deve-se retirar do peso inicial de sal quantidade equivalente à que será adicionada deste propionato, assim, eles juntos representam aproximadamente 1% da formulação (base farinha); (iii) A quantidade de emulsificante foi padronizada em 2% (base massa), segundo indicação do fornecedor; (iv) A quantidade de essência de baunilha foi padronizada em 0,5% (base massa), com a finalidade de que todas as formulações fossem similares quanto ao aroma.

Consideraram-se três porcentagens de gordura (20, 40 e 60%, base farinha) para as formulações padrão (com porcentagens de açúcar definidas pelo balanceamento + 20% adicional, de 73,13, 78,75 e 84,3%, base farinha, respectivamente), e em cada uma delas foram adicionados três níveis de enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica (0, 500, e 1000 ppm), totalizando nove formulações, que foram codificadas da maneira como se apresenta na Tabela 6.

**Tabela 6.** Codificação das formulações de bolos com enzimas

<b>Número da Formulação</b>	<b>Codificação da Formulação</b>	<b>Quantidade de gordura para construção das formulações balanceadas (%)</b>	<b>Quantidade de <math>\alpha</math>-amilase maltogênica adicionada (ppm)</b>
1	F <sub>20-0</sub>	20	0
2	F <sub>20-500</sub>	20	500
3	F <sub>20-1000</sub>	20	1000
4	F <sub>40-0</sub>	40	0
5	F <sub>40-500</sub>	40	500
6	F <sub>40-1000</sub>	40	1000
7	F <sub>60-0</sub>	60	0
8	F <sub>60-500</sub>	60	500
9	F <sub>60-1000</sub>	60	1000

As nove formulações utilizadas são apresentadas detalhadamente na Tabela 7.

**Tabela 7.** Formulações utilizadas na produção dos bolos com enzimas

Formulações									
Ingredientes	F <sub>20</sub>			F <sub>40</sub>			F <sub>60</sub>		
	F20-0	F20-500	F20-1000	F40-0	F40-500	F40-1000	F60-0	F60-500	F60-1000
Código amostra	%	Gramas		%	Gramas		%	Gramas	
Farinha de trigo	95,00	950,00		95,00	950,00		95,00	950,00	
Amido de milho	5,00	50,00		5,00	50,00		5,00	50,00	
<b>Total 1 (base farinha)</b>	<b>100,00</b>	<b>1.000,00</b>		<b>100,00</b>	<b>1.000,00</b>		<b>100,00</b>	<b>1.000,00</b>	
Gordura <i>low trans</i> <sup>1</sup>	20,00	200,00		40,00	400,00		60,00	600,00	
Ovo líquido <sup>1,3</sup>	25,00	250,00		50,00	500,00		75,00	750,00	
Leite integral <sup>1,4</sup>	67,50	675,00		45,00	450,00		22,50	225,00	
Açúcar refinado <sup>1,5</sup>	73,13	731,25		78,75	787,50		84,38	843,75	
Fermento químico em pó <sup>1</sup>	2,50	25,00		2,50	25,00		2,50	25,00	
<b>α-amilase maltogênica (ppm)<sup>1,7</sup></b>	Variável			Variável			Variável		
<b>Total 2 (base massa)</b>	<b>288,13</b>	<b>2.881,25</b>		<b>316,25</b>	<b>3.162,50</b>		<b>344,38</b>	<b>3.443,75</b>	
Gel emulsificante <sup>2</sup>	2,00	57,63		2,00	63,25		2,00	68,88	
Propionato de sódio <sup>2,6</sup>	0,15	4,32		0,15	4,74		0,15	5,17	
Sal <sup>2,6</sup>	0,20	5,76		0,20	6,33		0,20	6,89	
Aroma de baunilha <sup>2</sup>	0,50	14,41		0,50	15,81		0,50	17,22	

<sup>1</sup> Ingredientes adicionados sobre base farinha.

<sup>2</sup> Ingredientes adicionados sobre base massa.

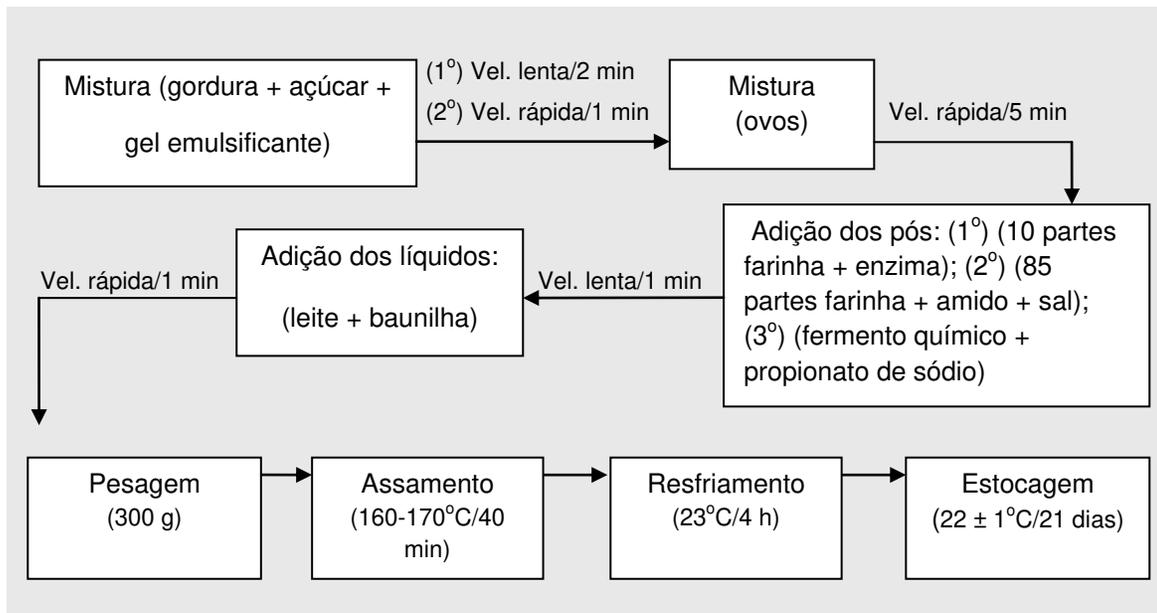
<sup>3</sup> [%gordura x 1,25]; <sup>4</sup> [(%farinha - %ovo) x 0,9]; <sup>5</sup> [(%farinha + %gordura + %ovo + %leite)/4] + 20%].

<sup>6</sup> Soma do propionato de sódio e sal = 1%, base farinha GRUNDY (1996).

<sup>7</sup> A α-amilase maltogênica foi adicionada em três concentrações: 0, 500, e 1000 ppm.

## b) Preparo dos bolos

Os bolos foram elaborados na Planta-Piloto de Panificação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, conforme descrito no fluxograma apresentado na Figura 7.



**Figura 7.** Fluxograma do processo de elaboração dos bolos com enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica

Vel. lenta: velocidade lenta; Vel. rápida: velocidade rápida.

Para a preparação das massas, utilizou-se uma batedeira planetária marca Hypo HB25 (Indústria de Maquinas Hyppolito Ltda., Ferraz de Vasconcelos, SP, Brasil). Inicialmente, preparou-se o creme por meio da mistura da gordura, emulsificante e açúcar, na velocidade lenta da batedeira por 2 minutos e na velocidade rápida por mais 1 minuto. Em seguida, foi adicionado o ovo líquido e continuou-se o batimento na velocidade rápida, durante 5 minutos. Previamente, preparou-se um mix contendo 100 g de farinha de trigo e  $\alpha$ -amilase maltogênica na quantidade correspondente a cada formulação, sendo depois homogeneizados e incorporados na massa.

Alternadamente, foram adicionados o restante dos ingredientes em pó (farinha, amido, sal, fermento químico e propionato de sódio) e os ingredientes líquidos (leite e baunilha), sendo misturados na velocidade lenta por 1 minuto, e na velocidade rápida por mais 1 minuto. A temperatura final da massa foi de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Finalmente, as massas foram colocadas em formas de alumínio descartáveis adequadas para bolos (com dimensões de 210 x 102 x 45 mm), em quantidades de 300 g de massa, e assadas à temperatura de  $160^\circ\text{C}$  (lastro) e  $170^\circ\text{C}$  (teto), durante 40 minutos, em forno de lastro modelo Ipanema IP4/80 (Haas Technik do Brasil Ltda., Curitiba, PR).

Depois de 4 horas de resfriamento, os bolos foram embalados em sacos plásticos de polipropileno de baixa densidade, sendo adicionado anti-mofo por aspersão na parte interna da embalagem. Os bolos foram armazenados durante 21 dias em um ambiente a  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  (com ar condicionado).

Para as análises de atividade de água, umidade, cor e textura instrumental, porosidade do miolo e Análise Sensorial, os bolos foram fatiados em fatias de 1,25 cm, logo antes da análise, utilizando-se uma fatiadora elétrica da marca G. Paniz.

## **4.8. Avaliação da qualidade das massas e dos bolos**

### **4.8.1. Avaliação da qualidade das massas**

Análises de pH e densidade aparente foram realizadas nas massas de todas as formulações de bolo, após a mistura final (antes da colocação das massas nas formas).

#### **4.8.1.1. pH das massas**

O pH das massas dos bolos foi analisado utilizando-se um pH-metro Digimed DM-20 (Digicrom Analítica Ltda., São Paulo, SP), com inserção do eletrodo diretamente na suspensão contendo 10 g de massa diluída em 100 mL de água destilada.

#### **4.8.1.2. Densidade das massas**

A densidade das massas dos bolos foi determinada pela relação entre o peso da massa (g) e o seu volume ( $\text{cm}^3$ ), utilizando um recipiente de alumínio cilíndrico (diâmetro = 3,7 cm; altura = 6,8 cm). Os resultados foram expressos em  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

### **4.8.2. Avaliação da qualidade dos bolos**

#### **4.8.2.1. Volume específico dos bolos**

O volume específico dos bolos, expresso em  $\text{cm}^3/\text{g}$ , foi determinado no 1º dia de estocagem. O volume dos bolos foi determinado por deslocamento de sementes de painço. O peso dos bolos foi determinado em balança semi-analítica. O volume específico foi obtido pela razão entre o volume e o peso de cada bolo (GRISWOLD, 1972).

#### **4.8.2.2. Atividade de água do miolo dos bolos**

A atividade de água do miolo dos bolos foi medida utilizando-se o equipamento Aqualab, modelo CX-2 (Decagon Devices Inc., Washington, DC, EUA), a temperatura constante ( $25,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ). A análise foi feita nos dias 1, 7, 14 e 21 de estocagem.

#### **4.8.2.3. Umidade do miolo dos bolos**

A umidade do miolo dos bolos foi determinada nos dias 1, 7, 14 e 21 de estocagem, conforme o método nº 44-15A da AACC (1995). O teor de umidade, expresso em porcentagem, foi calculado pela diferença entre o peso inicial e final das amostras.

#### **4.8.2.4. Cor instrumental do miolo dos bolos**

A cor instrumental do miolo dos bolos foi avaliada através de um colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest II (Reston, VA, EUA), utilizando o sistema CIEL\*a\*b, com uma fonte de iluminação D65 e ângulo de visão de  $10^{\circ}$ , ajustado para refletância especular incluída. Utilizaram-se fatias centrais de 1,25 cm de espessura. No sistema CIEL\*a\*b\*, a coordenada  $L^*$  indica a luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco); enquanto  $a^*$  e  $b^*$  representam as coordenadas de cromaticidade, sendo que  $+a^*$  indica tendência para o vermelho e  $-a^*$  tendência para o verde;  $+b^*$  indica tendência para o amarelo e  $-b^*$  tendência para o azul.

#### **4.8.2.5. Textura instrumental do miolo dos bolos**

A análise de textura também foi realizada utilizando-se um texturômetro Texture Analyser TAXT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, EUA/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Reino Unido), conforme o método nº 74-09 da AACC (1995). Duas fatias centrais sobrepostas, de 1,25 cm cada uma, foram comprimidas a 40 % de sua altura original por um *probe* cilíndrico de alumínio de 36 mm de diâmetro (P 36/R), com os seguintes parâmetros de operação: velocidade pré-teste = 1,0 m/s; velocidade de teste = 1,7 m/s; velocidade pós-teste = 10,0 m/s; força = 5 g; ciclo de contagem = 5 segundos e com medida de força em compressão. As amostras foram conservadas na embalagem original e retiradas, uma a uma, antes da análise, para evitar ressecamento se expostas ao ambiente, o que pode interferir nos resultados de textura, devido à sensibilidade do equipamento. A leitura foi efetuada o mais rápido possível para evitar o ressecamento dos bolos. Para expressar os resultados foi considerado um coeficiente de variação menor que 10%.

#### **4.8.2.6. Porosidade do miolo (estrutura alveolar)**

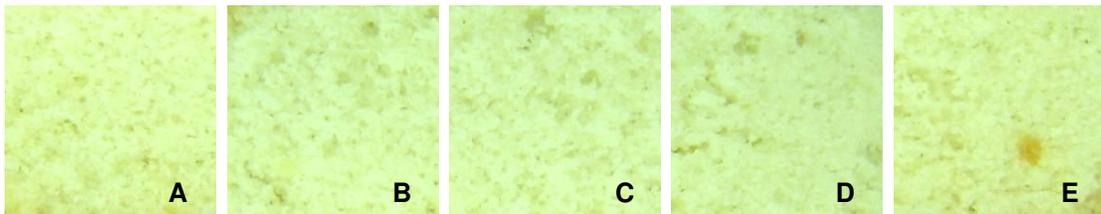
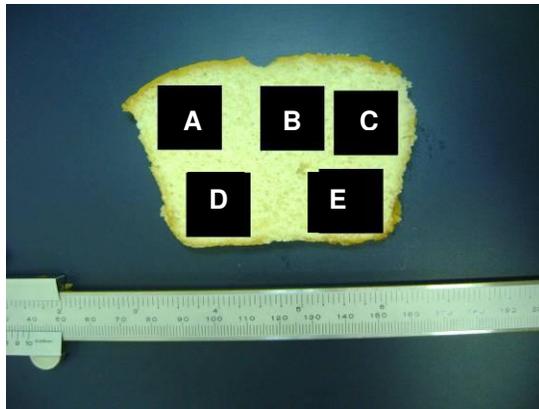
No presente trabalho, esta análise foi realizada com o objetivo de determinar o tamanho médio dos alvéolos das fatias de bolo provenientes das formulações sem  $\alpha$ -amilase maltogênica e daquelas com 1000 ppm da enzima. Escolheu-se a dosagem máxima da enzima para poder verificar o efeito que tem sobre a porosidade do miolo, comparando-a com amostras que não foram adicionadas da enzima.

**Captação das imagens:** Foram preparadas três fatias de cada amostra, com espessura de 1,25 cm. As imagens foram captadas utilizando-se

uma câmera digital Sony Panasonic, modelo DMC-LZ8, sensor de imagem 1/2,5" CCD, enfoque normal. A câmera foi apoiada em uma garra presa a um suporte universal para garantir a mesma distância de captação para todas as amostras. Foi feita uma captação de cada fatia de cada amostra. Todas as fotos foram coletadas nas mesmas condições (distância = 30 cm, em um ambiente iluminado, acima de uma superfície escura).

**Seleção dos campos e preparação das imagens para análise:**

Cada imagem foi aberta no programa freeware PhotoFiltre (SOFTONIC INTERNATIONAL, 2010). Em cada imagem foram selecionadas cinco regiões denominadas campos, excetuando-se as imagens das amostras das formulações  $F_{60-0}$  e  $F_{60-1000}$ , para as quais, pelo tamanho das fatias, somente foi possível avaliar três campos. Cada campo foi salvo como uma imagem independente de extensão *bitmap* (bmp). A Figura 8 apresenta um exemplo de imagem original e seleção dos campos.



**Figura 8.** Imagem original de uma fatia de bolo e seleção dos campos para contagem

Após a seleção dos campos, as imagens destes foram tratadas no programa freeware GIMP (SOFTONIC INTERNATIONAL, 2010), usando-se as ferramentas curva e limiar para torná-las pretas e brancas (imagem *duotone*). As imagens em preto correspondem aos alvéolos característicos da amostra. Na Figura 9 observa-se um exemplo do tratamento da imagem de um campo.



Imagem original do campo  
(campo B)

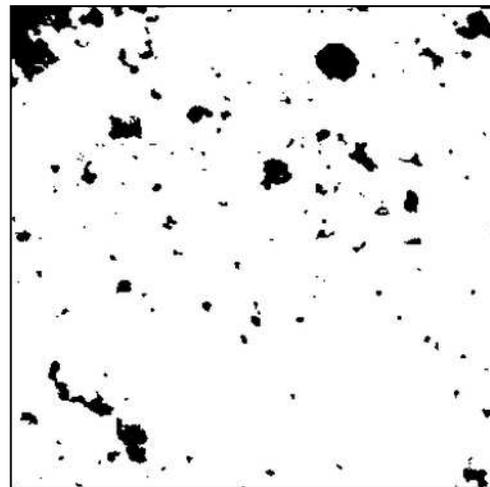
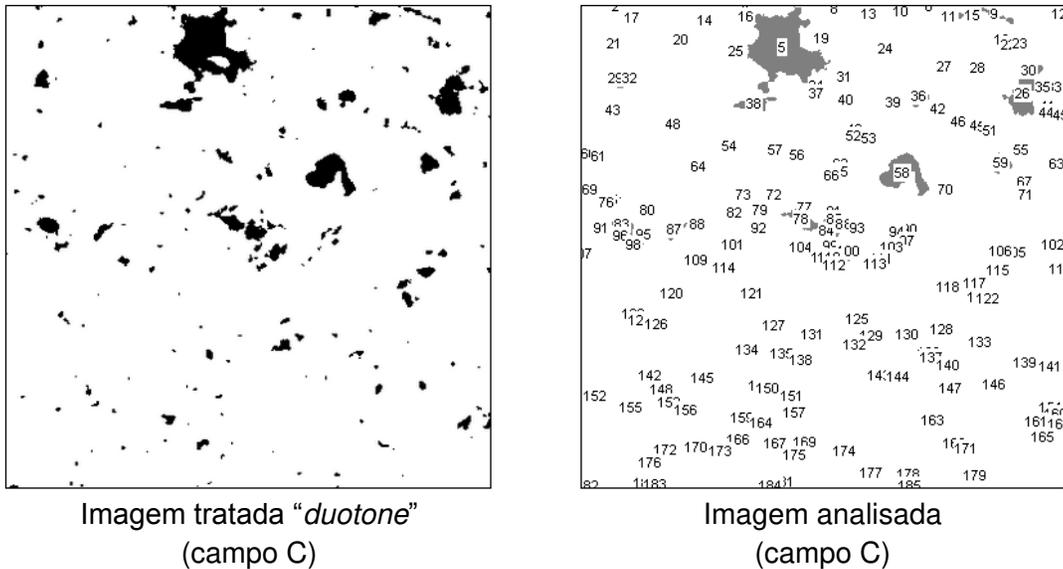


Imagem tratada "*duotone*"  
(campo B)

**Figura 9.** Exemplo do tratamento da imagem de um campo para posterior determinação de tamanho dos alvéolos

Com o auxílio do programa freeware Scion Image for Windows, version Beta 4.0.2 (Scion Corporation, Frederick, MD, EUA), a imagem foi submetida a uma sequência de tratamentos e analisada quanto ao tamanho das estruturas identificadas. A escala de tamanho informada ao programa foi de 20,3 pixels/mm, determinada com o auxílio da referência de tamanho dada pelo paquímetro fotografado junto com as fatias. A Figura 10 apresenta um exemplo de uma imagem no momento da análise, com as estruturas numeradas.



**Figura 10.** Exemplo de uma imagem no momento da análise, com as estruturas numeradas

Após a análise da imagem pelo programa, exibe-se uma tabela com os resultados dos parâmetros para os alvéolos selecionados previamente: área ( $\text{mm}^2$ ), perímetro (comprimento perimetral, mm), diâmetro maior (mm) e diâmetro menor (mm) (Figura 11). O programa aproxima os elementos identificados para esferas ou elipses, que possuam as características de tamanho determinadas, daí o uso de diâmetro maior e menor como parâmetros de tamanho. A Figura 12 mostra um esquema indicando estas medidas.

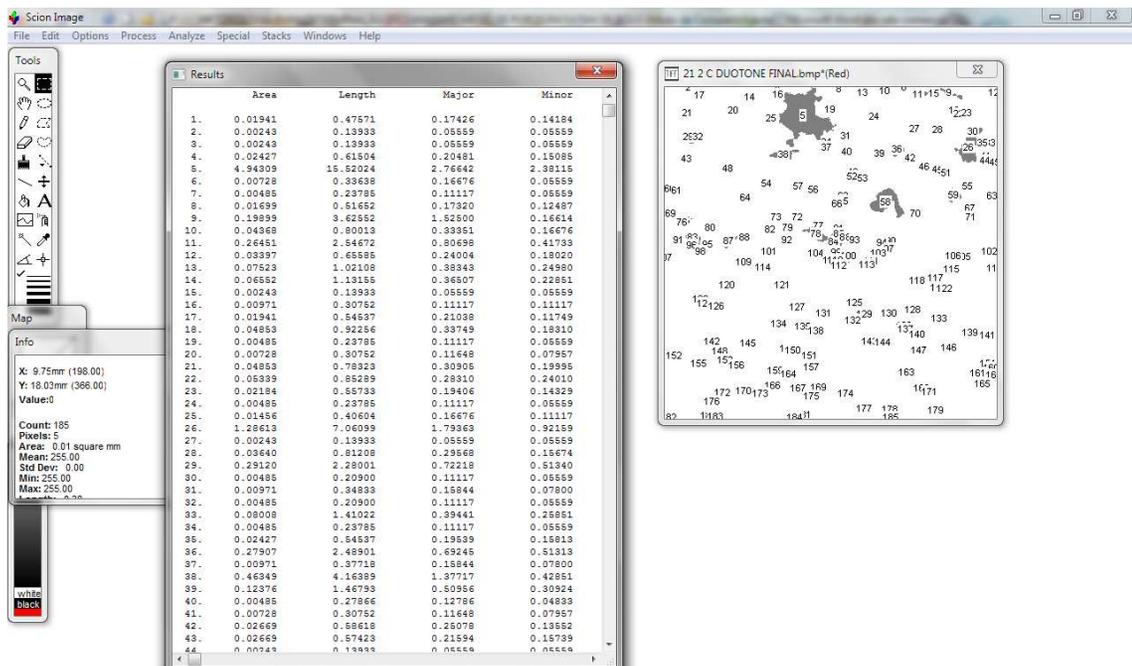


Figura 11. Exibição dos resultados dos parâmetros alveolares avaliados

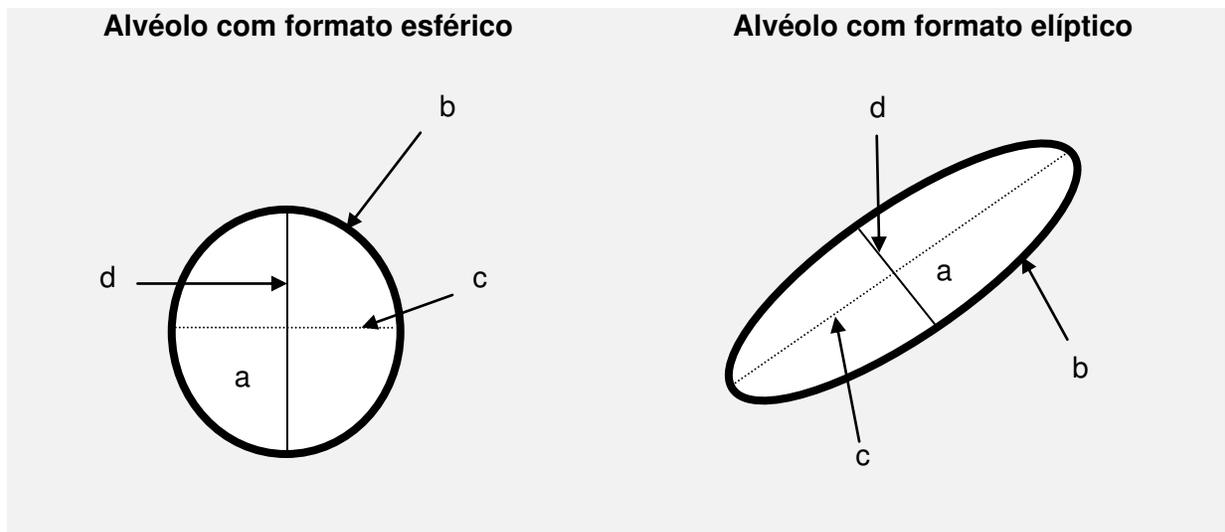


Figura 12. Exemplo de alvéolos de formatos diferentes indicando as medidas realizadas  
**a:** área; **b:** comprimento perimetral; **c:** diâmetro maior; **d:** diâmetro menor.

### 4.8.3. Análise sensorial

A partir dos resultados obtidos da avaliação dos bolos durante os 21 dias de estocagem, foram escolhidas seis formulações para realizar um teste de aceitação sensorial e um teste de intenção de compra em 2 etapas. Na primeira, foram avaliadas as 3 formulações com os níveis máximos da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica (1000 ppm) e os 3 níveis de gordura (20, 40 e 60%). Na segunda, foram avaliadas as 3 formulações com 20% de gordura e os 3 níveis da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica (0, 500 e 1000 ppm). Ambas as etapas foram realizadas com 50 provadores não treinados, consumidores em potencial de bolo, recrutados entre os alunos e funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP). Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA-FEA-UNICAMP), em cabines individuais, sob luz branca. A cada provador foram entregues três fichas: a primeira para preenchimento dos dados pessoais dos consumidores, e para assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1), a segunda ficha foi para preenchimento do Questionário de Recrutamento de Provadores (Anexo 2), e a terceira ficha foi para a avaliação sensorial do bolo (Anexo 3). A realização da análise sensorial dos bolos foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa, da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP (Anexo 4).

As amostras foram servidas em pratos descartáveis codificados com números de três dígitos, escolhidos ao acaso, acompanhadas com um copo de água mineral à temperatura ambiente, para ser utilizado entre cada prova. Foi solicitado aos provadores que degustassem os bolos e assinalassem na ficha individual a resposta que melhor refletisse o seu julgamento.

As notas dadas pelos provadores no teste de aceitação sensorial e no teste de intenção de compra foram transformadas em valores numéricos para a análise dos resultados. Foram avaliados os seguintes parâmetros:

aparência, aroma, sabor, textura e aceitação global, utilizando escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo). Os resultados foram expressos como a média das notas. No teste de intenção de compra, utilizou-se escala de 1 a 5 (1 = certamente não compraria; 5 = certamente compraria). Os resultados foram expressos como a porcentagem dos provadores que atribuíram as diferentes notas. A análise sensorial foi realizada no dia 7 após a produção, com a finalidade de observar diferenças decorrentes da estocagem dos bolos e considerando que o seu *shelf-life* é de 21 dias.

#### **4.9. Análise dos resultados**

A análise estatística dos resultados da caracterização das matérias-primas e da qualidade das massas e dos bolos, com exceção da análise de porosidade do miolo, foi efetuada com o auxílio do pacote estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, EUA), com teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A análise estatística dos resultados do tamanho médio dos alvéolos (porosidade) das fatias de bolo foi feita com o programa Statistica 7.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA), e as médias determinadas para cada campo, de cada fatia, de cada amostra foram submetidos ao teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados dos testes de aceitação e de intenção de compra dos bolos foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), com teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do pacote estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Os resultados de intenção de compra foram apresentados na forma de histograma.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Caracterização da farinha de trigo

A composição centesimal (umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, e carboidratos) e pH da farinha de trigo utilizada nos testes definitivos, encontram-se na Tabela 8.

**Tabela 8.** Composição centesimal e pH da farinha de trigo

Componente	
Umidade (%)	12,40 ± 0,04
Proteínas (%)	9,52 ± 0,04
Lipídeos (%)	1,28 ± 0,10
Cinzas (%)	0,57 ± 0,01
Carboidratos totais (%)	76,23
pH (a 25°C)	5,71 ± 0,30

Verifica-se que o teor de umidade foi 12,4%. Este valor encontra-se dentro do limite estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que na Resolução Nº 263, de 22/09/2005, menciona que o teor de umidade da farinha de trigo não pode exceder a 15,0% m/m (BRASIL, 2005 a). Umidade alta na farinha aumenta a probabilidade de proliferação microbiana,

e também conduz a problemas durante a produção de alimentos, pois podem formar-se aglomerados com facilidade (ATWELL, 2001).

A farinha de trigo contém aproximadamente 2% de lipídeos (SLUIMER, 2005). O conteúdo lipídico para a farinha de trigo analisada no presente estudo foi inferior a este valor (1,28%).

O conteúdo de proteína foi de 9,52%, portanto trata-se de uma farinha de força média, pois segundo Manley (1998), essa classificação abrange as farinhas com 8,5 a 10,5% de proteína. Uma farinha de força média é a mais adequada para preparar qualquer tipo de bolo, dado que tanto a aparência como a textura do produto final são melhores que os obtidos com uma farinha forte. Com uma farinha forte, o produto final apresentaria uma textura mais firme e irregular (BENNION; BAMFORD, 1997).

Os parâmetros farinográficos e alveográficos da farinha PROPAN 75 obtidas das especificações do fornecedor, enquadram-na dentro da classificação de farinha de força média. Segundo Brusantin (2000), farinhas de força média possuem absorção de água entre 54% e 60%, estabilidade de 3 a 8 e índice de tolerância à mistura (ITM) de 60 a 100 UB. Segundo Guarienti (1996), valores de força do glúten (W) obtidos no teste de alveografia entre 201 e 300 x 10<sup>-4</sup>J, indicam que o glúten é de força média a forte.

Pelo conteúdo de cinzas (0,57%), a farinha de trigo utilizada pode ser considerada do Tipo 1, dado que a Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005, que aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo, estabelece que nesta classificação encontram-se as farinhas com teor de cinza máximo de 0,8% (BRASIL, 2005 b).

As características viscoamilográficas da farinha de trigo e das misturas de farinha de trigo com a enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica, nas

dosagens de 500 e 1000 ppm, obtidas com o *Rapid Visco Analyser* (RVA), apresentam-se na Tabela 9.

**Tabela 9.** Parâmetros viscoamilográficos obtidos com o *Rapid Visco Analyser* (RVA) da farinha de trigo pura e adicionada da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica

Parâmetros viscoamilográficos	Amostras		
	F-0	F-500	F-1000
Temperatura de pasta (°C)	83,35 ± 0,74	n/d	n/d
Viscosidade máxima (RVU)	409,67 ± 15,14 <sup>a</sup>	325,67 ± 24,83 <sup>b</sup>	239,67 ± 13,43 <sup>c</sup>
Viscosidade mínima (RVU)	211,00 ± 8,72 <sup>a</sup>	140,00 ± 3,5 <sup>b</sup>	29,33 ± 2,31 <sup>c</sup>
<i>Breakdown</i> (RVU)	198,67 ± 6,43 <sup>a</sup>	185,67 ± 11,02 <sup>a</sup>	210,33 ± 11,5 <sup>a</sup>
Viscosidade final (RVU)	1.076,33 ± 16,20 <sup>a</sup>	196,33 ± 40,65 <sup>b</sup>	38,67 ± 4,73 <sup>c</sup>
<i>Setback</i> (RVU)	865,33 ± 22,81 <sup>a</sup>	56,33 ± 5,69 <sup>b</sup>	9,33 ± 2,52 <sup>c</sup>

F-0: Farinha pura; F-500: Farinha + 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F-1000: Farinha + 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica. *Breakdown* = viscosidade máxima – viscosidade mínima (RVU); *Setback* = viscosidade final – viscosidade mínima (RVU). RVU: *rapid visco units*. Os valores representam a média de triplicatas. Médias com a mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. n/d: não detectado.

No ciclo de aquecimento, a temperatura em que ocorreu o início do aumento da viscosidade para a pasta de farinha de trigo foi de 83,35°C. O tempo em que ocorreu o pico de viscosidade (viscosidade máxima) foi de 7 minutos. A viscosidade máxima e final foram de 409,67 e 1076,33 RVU.

Assis (2009) reportou os seguintes resultados de viscosidade de farinha de trigo, medidos no RVA: viscosidade máxima = 188 RVU, *breakdown*

= 80 RVU, viscosidade final = 233,87 RVU, capacidade de retrogradação = 125,54 RVU. Também, foram reportados os seguintes resultados por Borges (2007): viscosidade máxima = 139 RVU, viscosidade mínima = 83,75 RVU, viscosidade final = 292,63 RVU, tendência à retrogradação = 209 RVU. Acredita-se que a diferença dos resultados destes autores com os apresentados na Tabela 9 ocorreram porque eles utilizaram o perfil de temperatura *Standard Analysis 1* (método padrão do software *Thermocline for Windows*), enquanto que, no presente estudo foi utilizado o perfil de temperatura apresentado na Tabela 2, com maior tempo de análise.

De acordo com Thomas e Atwell (1999), as transformações que acontecem com os grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta. A transformação do amido granular em uma pasta viscoelástica é consequência da gelatinização, e acontece até que ocorre uma queda de viscosidade por rompimento e solubilização dos grânulos de amido. Logo, no resfriamento, as moléculas amilose e amilopectina se reagrupam aumentando novamente a viscosidade, o que representa a tendência a retrogradação.

O efeito da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica sobre as propriedades de pasta da farinha estão apresentados no item 5.2.

## **5.2. Avaliação do efeito da enzima $\alpha$ -amilase maltogênica sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo**

Os resultados obtidos com o *Rapid Visco Analyser* (RVA), apresentados na Tabela 9, mostram claramente o impacto da adição de diferentes níveis de  $\alpha$ -amilase maltogênica (0, 500 e 1000 ppm) sobre as propriedades de pasta de farinha.

Observa-se que as viscosidades máxima, mínima e final diminuíram conforme aumentou a concentração de  $\alpha$ -amilase maltogênica na amostra de farinha ( $p < 0,05$ ). É importante ressaltar que o teste é realizado a temperaturas de até 95°C, o que mostra que a enzima tem atividade a quente, e atuaria no miolo do bolo durante o forneamento. A viscosidade máxima poderia estar relacionada à viscosidade da massa de bolo durante o forneamento.

As viscosidades máximas alcançadas neste teste foram de 409,67, 325,67 e 239,67 RVU, para as amostras com 0, 500 e 1000 ppm de enzima, respectivamente. Ravi, Manohar e Rao (1999) estudaram a influência de três níveis da enzima  $\alpha$ -amilase fúngica (250, 600 e 1000 ppm) sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo, com auxílio do *Rapid Visco Analyser* (RVA). Embora essa enzima seja diferente à enzima utilizada neste estudo, pode ser utilizada com fins comparativos por serem ambas as enzimas amilolíticas. Os autores concluíram que a temperatura de gelatinização aumentou conforme a concentração da enzima foi incrementada. Com as concentrações de 250, 600 e 1000 ppm, a redução da viscosidade máxima foi ao redor de 19%, 38% e 50%, respectivamente. No presente estudo, essa redução foi de 21% e 42%, para as concentrações de 500 ppm e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica. Os autores reportaram também que a diminuição da viscosidade final foi ao redor de 10%, 29% e 48% para as concentrações de 250, 600 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase fúngica. Neste estudo, a redução da viscosidade final foi de 81% e 96%, para as concentrações de 500 ppm e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, respectivamente, mostrando um maior efeito desta enzima na inibição da tendência à retrogradação.

Após atingir o ponto máximo de viscosidade, os grânulos de amido intumescidos submetidos à agitação (160 rpm) se desintegram, ocasionando a perda de viscosidade. A amostra de farinha pura apresentou um valor de viscosidade mínima de 211,00 RVU, sendo significativamente superior ( $p <$

0,05) às amostras com 500 e 1000 ppm, que apresentaram valores de 140,00 RVU e 29,33 RVU, respectivamente. A diferença entre as viscosidades máxima e mínima é conhecida como *breakdown* ou quebra de viscosidade, sendo que um valor maior representa menor resistência do amido à alta temperatura e agitação mecânica. As amostras com as diferentes concentrações da enzima não apresentaram diferença significativa em relação a este parâmetro, não havendo, portanto, efeito sobre a resistência do grânulo com a adição da enzima.

Com respeito à viscosidade final e *setback*, observa-se que houve diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) dos seus valores com o aumento da concentração da enzima, o que pode implicar em redução da tendência à retrogradação do amido. Isso pode ser explicado pelo fato de que a  $\alpha$ -amilase maltogênica despolimeriza principalmente as ramificações externas da amilopectina cristalizável (“retrogradável”), resultando em uma grande quantidade de cadeias curtas que dificilmente cristalizam (retrogradam) (WÜRSCH e GUMY, 1994; VANDEPUTTE *et al.*, 2003). Este efeito é desejável em produtos de panificação, propiciando o aumento da vida útil do ponto de vista sensorial, já que um dos principais problemas enfrentados por este tipo de produto durante a estocagem é o aumento da firmeza.

### **5.3. Testes preliminares**

#### **5.3.1. Definição dos níveis de gordura a serem utilizados**

Os resultados da avaliação da qualidade das massas e dos bolos produzidos com diferentes concentrações de gordura encontram-se nas Tabelas 10 a 12 e na Figura 13.

## a) Avaliação da qualidade das massas

### ◆ pH e densidade das massas

Na Tabela 10, observa-se que a massa elaborada sem a adição de gordura foi significativamente ( $p < 0,05$ ) mais densa ( $1,02 \text{ g/cm}^3$ ) que as amostras com 20 a 80% de gordura na formulação. A principal função da gordura em bolos é aprisionar ar na massa durante a mistura (DILEK *et al.*, 2007). Entretanto, a redução da densidade se deu até um nível intermediário de gordura, acima do qual a densidade voltou a subir, mostrando que há um nível ótimo de adição (40 a 60%).

Gutkoski *et al.* (2009) estudaram a variação da densidade da massa de bolos de aveia com diferentes níveis de gordura. Eles encontraram que com a redução do teor de gordura houve um incremento da densidade. Massas com 51,2% de gordura tiveram densidade menor ( $0,85 \text{ g/cm}^3$ ), ao passo que as massas formuladas com 8,7% de gordura tiveram densidade maior ( $1,16 \text{ g/cm}^3$ ).

O pH das massas variou de 6,57 (Fg0) a 6,97 (Fg60). Segundo Ash e Colmey (1973), citados por Khalil (1998), os valores de pH dentro da faixa de 6,50 a 7,70 são considerados ideais para o processamento de bolos. Segundo Pylar (1973), quando o pH da massa aumenta, a textura do bolo tende a ser muito mais fina, mas em valores elevados demais pode produzir-se um sabor alcalino desagradável.

Como consequência do balanceamento das formulações dos bolos, quando não foi adicionada gordura (amostra Fg0), não foram adicionados ovos e, em compensação, adicionou-se maior quantidade de leite (com pH 6,39), o que pode ter influenciado o pH da amostra, que foi significativamente

menor quando comparado com as amostras das outras formulações ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 10.** Valores de pH e densidade aparente das massas, e de volume específico dos bolos com diferentes concentrações de gordura

<b>Determinações</b>			
<b>Formulação</b>	<b>pH das massas</b>	<b>Densidade aparente das massas (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume específico dos bolos (cm<sup>3</sup>/g)</b>
Fg0	6,57 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,02 ± 0,03 <sup>a</sup>	2,04 ± 0,12 <sup>b</sup>
Fg20	6,78 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,88 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,34 ± 0,10 <sup>a</sup>
Fg40	6,86 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,76 ± 0,04 <sup>c</sup>	2,43 ± 0,05 <sup>a</sup>
Fg60	6,97 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,77 ± 0,02 <sup>c</sup>	2,17 ± 0,07 <sup>ab</sup>
Fg80	6,85 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,90 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,00 ± 0,09 <sup>b</sup>

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura. Os valores apresentados representam a média de triplicatas. Médias com a mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## **b) Avaliação da qualidade dos bolos**

### **◆ Volume específico dos bolos**

Na Tabela 10, observa-se que os bolos com 20 e 40% de gordura apresentaram os maiores valores de volume específico, correspondentes a 2,34 e 2,43 cm<sup>3</sup>/g, respectivamente. Além de ajudar na incorporação de ar na mistura com o açúcar, na formação do “creme” (1<sup>a</sup> etapa na produção de bolos com múltiplas etapas de mistura), formando os “núcleos de aeração”, as gorduras melhoram a impermeabilização das massas, o que aumenta a resistência à saída de gases e vapor d’água, oferecendo maior volume ao

produto final (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A adição de 80% de gordura (amostra Fg80) influenciou negativamente o volume específico. Isto poderia ser explicado pela falta de fermento químico na formulação, e também porque o excesso de gordura pode ter tornado a massa mais instável, dificultando a expansão do gás na massa durante a etapa de forneamento. Por outro lado, a ausência de gordura (amostra Fg0) prejudicou a formação de “núcleos de aeração”, e mesmo com a adição de elevada quantidade de fermento, não foi possível obter um bolo com volume desejável.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Bortolo (1998), que reportou que massas elaboradas com 30% de gordura vegetal hidrogenada apresentaram densidade de 0,98 g/cm<sup>3</sup> e resultaram em bolos com volume específico de 1,94 cm<sup>3</sup>/g. Também reportou que com a adição de 20,60% de gordura obteve-se uma massa com densidade de 1,07 g/cm<sup>3</sup> e bolos com volume específico de 2,12 cm<sup>3</sup>/g.

Gutkoski *et al.* (2009) mostraram que massas de bolo de aveia com maiores quantidades de gordura foram menos densas. No entanto, depois da etapa de forneamento, o volume específico dos bolos formulados com maior quantidade de gordura foi menor, diferente do que poderia se esperar pela incorporação de ar. Eles reportaram valores de volume específico de 1,6 e 2,2 cm<sup>3</sup>/g em bolos elaborados com 45% e 15% de gordura, respectivamente. Neste estudo, observa-se que os bolos com massas menos densas (Fg20 a Fg60) tiveram os maiores valores de volume específico.

#### ◆ Umidade e textura instrumental do miolo dos bolos

A Tabela 11 apresenta os resultados de umidade durante 7 dias de estocagem.

O comportamento dos bolos com respeito à umidade foi diferente em função da concentração de gordura adicionada. Nos dias 1, 4 e 7 de estocagem, as amostras com 20% de gordura foram mais úmidas, e as amostras com 0 e 80% de gordura foram menos úmidas. Este resultado está relacionado com a firmeza, sendo que no dia 7 de estocagem, os bolos com 20% de gordura foram aproximadamente 6 vezes mais macios que os bolos elaborados sem este ingrediente. Os bolos com 0 e 80% de gordura foram significativamente mais firmes desde o início da estocagem ( $p < 0,05$ ).

A gordura tem um efeito importante na obtenção de bolos com qualidade desejável. A remoção completa deste ingrediente torna os bolos pequenos e firmes. Neste ensaio preliminar, observou-se que ao final dos sete dias de estocagem, os bolos adicionados de 20 e 40% de gordura foram mais úmidos e macios. Griswold (1972), citado por Borges (2007), considerou que um aumento de 20% para 40% de gordura melhorou a qualidade dos bolos na maciez, granulação fina e mais uniforme, textura mais úmida e sedosa. Neste estudo, uma quantidade de 80% de gordura foi excessiva, resultando em bolos gordurosos e firmes, o qual era esperado desde que apresentaram valores mais baixos de volume específico que os adicionados com 20%, 40% e 60%.

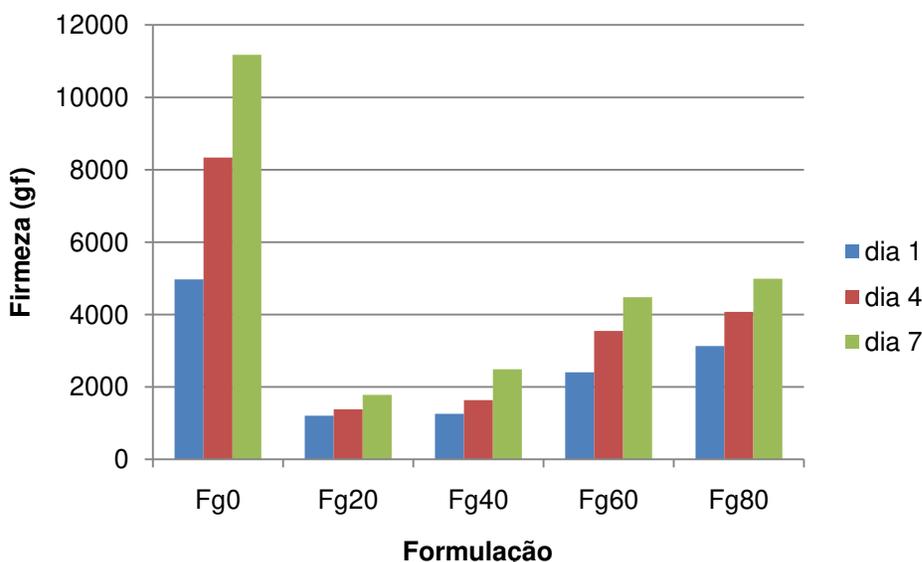
**Tabela 11.** Valores de umidade e firmeza dos bolos com diferentes concentrações de gordura

<b>Análises</b>						
<b>Formulação</b>	<b>Umidade (%)*</b>			<b>Firmeza (gf)**</b>		
	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 7</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 7</b>
Fg0	16,56 ± 0,29 a,D	16,55 ± 0,52 a,D	16,31 ± 0,41 a,C	4.973,20 ± 538,91 <sup>c,A</sup>	8.338,10 ± 606,42 <sup>b,A</sup>	11.174,10 ± 1.147,74 <sup>a,A</sup>
Fg20	25,96 ± 1,35 a,A	25,91 ± 0,61 a,A	21,27 ± 0,83 b,A	1.207,70 ± 101,86 <sup>c,D</sup>	1.380,00 ± 100,78 <sup>b,D</sup>	1.782,80 ± 77,98 <sup>a,C</sup>
Fg40	22,53 ± 0,25 a,B	22,03 ± 0,66 a,B	19,80 ± 0,44 b,AB	1.260,20 ± 84,01 <sup>c,D</sup>	1.636,70 ± 170,28 <sup>b,D</sup>	2.490,80 ± 87,10 <sup>a,C</sup>
Fg60	20,64 ± 1,04 a,BC	20,45 ± 0,48 a,C	19,61 ± 0,67 a,B	2.406,00 ± 221,96 <sup>c,C</sup>	3.546,70 ± 63,29 <sup>b,C</sup>	4.480,80 ± 156,18 <sup>a,B</sup>
Fg80	17,98 ± 0,75 a,CD	17,05 ± 0,39 ab,D	15,87 ± 0,50 b,C	3.129,70 ± 128,11 <sup>c,B</sup>	4.074,30 ± 196,19 <sup>b,B</sup>	4.987,40 ± 92,23 <sup>a,B</sup>

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura.

\*Os valores de umidade apresentados representam a média de triplicatas, e \*\*os de firmeza, a média de oito replicatas. Médias com a mesma letra minúscula na mesma linha ou maiúscula na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 13, observa-se o comportamento da firmeza dos bolos elaborados com diferentes concentrações de gordura em função dos dias de estocagem.



**Figura 13.** Firmeza dos bolos com diferentes concentrações de gordura durante a estocagem

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura.

#### ◆ Cor instrumental do miolo dos bolos

Observa-se, na Tabela 12, que os resultados de cor instrumental dos bolos variaram em função da formulação. Os valores de  $L^*$  mais altos correspondem às amostras com coloração mais clara (maior luminosidade). Maiores valores de  $a^*$  indicam maior tendência para o tom vermelho e valores altos de  $b^*$  são traduzidos como amostras com maior tendência para o tom amarelo (ESTELLER; JUNIOR; LANNES, 2006). Todos os bolos apresentaram-se claros, com tendência para o tom amarelo. Os bolos com

maiores concentrações de gordura apresentaram valores mais altos de b\* em todos os dias de estocagem devido à grande concentração de ovos na formulação, os quais influenciaram na tendência para uma tonalidade amarela pela presença de carotenóides na gema (LAI; LIN, 2006; MATZ, 1992).

**Tabela 12.** Parâmetros de cor instrumental dos bolos com diferentes concentrações de gordura

Formulação	Análises								
	Dia 1			Dia 4			Dia 7		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Fg0	77,48 gh,B	3,59 ab,A	24,57 fg,A	79,03 efg,A	3,13 b,B	24,40 fg,A	77,73 fgh,B	3,83 a,A	24,10 g,A
Fg20	76,45 h,B	2,58 c,A	26,85 abc,A	78,60 fg,A	1,71 de,B	24,69 efg,B	78,17 fg,A	1,98 d,B	25,37 def,B
Fg40	80,48 cde,B	1,19 efg,B	25,74 cde,A	82,39 ab,A	0,75 g,B	23,91 g,B	79,33 def,B	1,68 de,A	25,26 def,A
Fg60	81,14 abc,B	1,56 def,A	26,90 ab,A	82,49 a,A	1,03 g,B	25,45 def,B	82,26 ab,A	1,27 efg,AB	25,83 bcd,B
Fg80	80,74 bcd,A	1,08 fg,A	27,08 a,A	81,35 abc,A	0,93 g,B	26,66 abc,A	81,38 abc,A	1,10 fg,A	27,07 a,A

Fg0: 0% gordura; Fg20: 20% gordura; Fg40: 40% gordura; Fg60: 60% gordura; Fg80: 80% gordura. Os valores apresentados representam a média de oito replicatas. Médias de L\*, a\* e b\* com a mesma letra minúscula na mesma coluna ou maiúscula na mesma linha, para o mesmo parâmetro em dias diferentes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A partir de todos os resultados deste teste preliminar, é possível afirmar que um balanceamento adequado dos ingredientes é de notável importância para atingir as características desejáveis de volume e maciez, consideradas como importantes parâmetros de qualidade em bolos. Os resultados mostraram claramente que a falta ou excesso de gordura na

formulação pode ser prejudicial. Os bolos com maior volume específico corresponderam às formulações com 20 e 40% de gordura. Depois de 7 dias de estocagem, os bolos com 20% de gordura foram aproximadamente 6 vezes mais macios que os bolos elaborados sem gordura. Assim, pode-se dizer que melhores características tecnológicas foram obtidas com teores de gordura de 20 a 40% (base farinha).

### **5.3.2. Definição do nível de amido de milho a ser utilizado**

Os resultados da avaliação da qualidade das massas e dos bolos produzidos com diferentes concentrações de amido de milho, todos com 20% de gordura, encontram-se nas Tabelas 13 a 15, e nas Figura 14.

#### **a) Avaliação da qualidade das massas**

##### **◆ Densidade das massas**

Na Tabela 13, observa-se que a densidade aparente das massas variou de 1,05 a 0,92 g/cm<sup>3</sup> para as amostras com 0 a 20% de amido de milho, respectivamente. A densidade das massas com 5 e 10% de amido de milho (amostras Fa5 e Fa10) não diferiu da densidade da massa sem este ingrediente (amostra Fa0). No entanto, quando incrementou-se a quantidade de amido até 15 e 20% (amostras Fa15 e Fa20), houve diminuição significativa da densidade ( $p < 0,05$ ). Tanhehco e Perry (2008) explicam que, com a adição deste ingrediente na formulação de bolos, não há um impacto direto sobre a estabilização da emulsão da massa, mas pela capacidade de absorção de água, incrementa-se a viscosidade e, como consequência, é

favorecida a retenção de núcleos de ar durante o batimento, o que significa a obtenção de massas com densidade menor.

**Tabela 13.** Valores de densidade aparente das massas e de volume específico dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho

<b>Determinações</b>		
<b>Formulação</b>	<b>Densidade aparente das massas (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume específico dos bolos (cm<sup>3</sup>/g)</b>
Fa0	1,05 ± 0,001 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,34 <sup>a</sup>
Fa5	1,00 ± 0,001 <sup>ab</sup>	2,24 ± 0,09 <sup>a</sup>
Fa10	0,96 ± 0,054 <sup>ab</sup>	2,22 ± 0,10 <sup>a</sup>
Fa15	0,94 ± 0,005 <sup>b</sup>	2,22 ± 0,05 <sup>a</sup>
Fa20	0,92 ± 0,090 <sup>b</sup>	2,40 ± 0,04 <sup>a</sup>

Fa0: 0% amido; Fa5: 5% amido; Fa10: 10% amido; Fa15: 15% amido; Fa20: 20% amido. Os valores apresentados representam a média de triplicatas. Médias com a mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## **b) Avaliação da qualidade dos bolos**

### **◆ Volume específico dos bolos**

A Tabela 13 apresenta os resultados de volume específico dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho (0 a 20%). O aumento da concentração de amido na formulação, dentro dos níveis testados, não teve nenhuma influência sobre o volume específico. Observa-se que o volume específico dos bolos isentos de amido foi de 2,39 cm<sup>3</sup>/g, e o dos bolos com as

diferentes concentrações de amido variou de 2,22 a 2,40 cm<sup>3</sup>/g, valores que não foram significativamente diferentes.

#### ◆ **Umidade e textura instrumental do miolo dos bolos**

A Tabela 14 apresenta os resultados de umidade e textura instrumental dos bolos durante 14 dias de estocagem.

Observa-se que a umidade (nos dias 1, 7 e 14) dos bolos elaborados com concentrações de amido entre 0 e 20% não diferiu significativamente. No entanto, durante a estocagem, a amostra Fa0 perdeu umidade gradativamente até o dia 14, ao passo que a umidade das amostras com amido (nas distintas concentrações) correspondente ao dia 14 foi similar à do dia 7. Durante a estocagem, a perda de umidade foi de 14% (Fa0), 11% (Fa5), 12% (Fa10 e Fa15) e 13% (Fa20).

Bortolo (1998) avaliou o poder de retenção de água de bolos elaborados com goma xantana (0,32%), amido de milho ceroso pré-gelatinizado (0,74%) e gordura (20,60%) durante 12 dias de estocagem. Os resultados indicaram que a capacidade de retenção de água destes bolos foi superior aos bolos elaborados com 30% de gordura vegetal hidrogenada (sem amido), e que a grande perda de umidade ocorreu entre o segundo e o quarto dia de estocagem.

**Tabela 14.** Valores de umidade e firmeza dos bolos com diferentes concentrações de amido

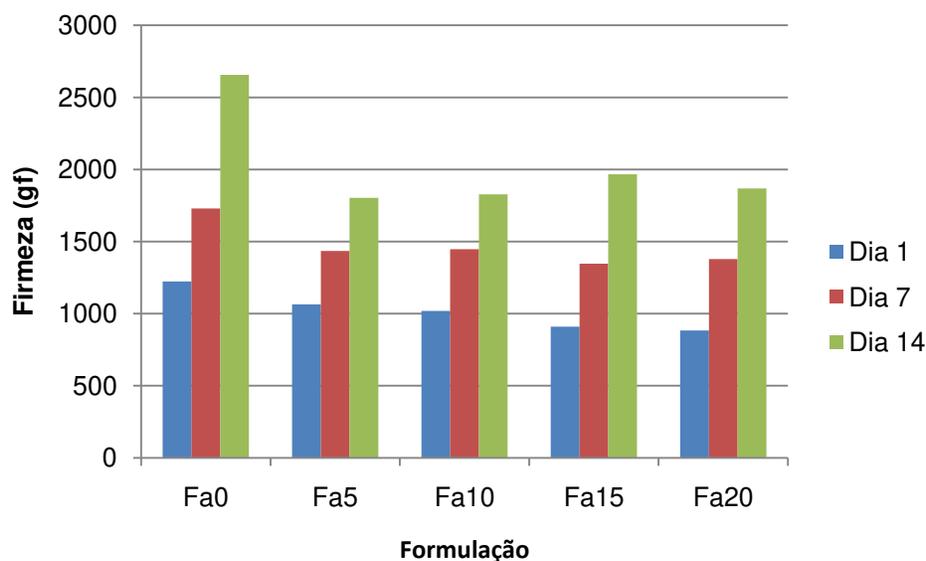
Análises						
Formulação	Umidade (%)*			Firmeza (gf)**		
	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 1	Dia 7	Dia 14
Fa0	29,30 ± 0,20	27,07 ± 0,07	25,26 ± 0,51	1.223,54 ±	1.729,60 ±	2.655,67 ±
	a,A	b,A	c,A	103,26 <sup>c,A</sup>	128,28 <sup>b,A</sup>	193,95 <sup>a,A</sup>
Fa5	29,43 ± 0,40	27,47 ± 0,89	26,12 ± 0,48	1.063,83 ±	1.434,57 ±	1.803,76 ±
	a,A	ab,A	b,A	76,50 <sup>c,B</sup>	98,40 <sup>b,B</sup>	109,35 <sup>a,B</sup>
Fa10	29,54 ± 0,12	27,12 ± 0,22	26,02 ± 0,78	1.019,04 ±	1.447,31 ±	1.827,63 ±
	a,A	b,A	b,A	108,05 <sup>c,BC</sup>	107,21 <sup>b,B</sup>	56,64 <sup>a,B</sup>
Fa15	29,42 ± 0,21	27,07 ± 0,78	25,89 ± 0,44	909,65 ±	1.346,14 ±	1.966,49 ±
	a,A	b,A	b,A	40,68 <sup>c,CD</sup>	90,58 <sup>b,B</sup>	144,27 <sup>a,B</sup>
Fa20	29,91 ± 0,14	27,31 ± 0,23	25,97 ± 0,70	882,80 ±	1.378,82 ±	1.868,88 ±
	a,A	b,A	b,A	46,99 <sup>c,D</sup>	98,87 <sup>b,B</sup>	121,17 <sup>a,B</sup>

Fa0: 0% amido; Fa5: 5% amido; Fa10: 10% amido; Fa15: 15% amido; Fa20: 20% amido.

\*Os valores de umidade apresentados representam a média de triplicatas, e \*\*os de firmeza, a média de oito replicatas. Médias com a mesma letra minúscula na mesma linha ou maiúscula na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em relação aos resultados de textura instrumental, observa-se que inicialmente houve redução da firmeza conforme incrementou-se a concentração de amido na formulação de bolos. As amostras sem amido apresentaram maior firmeza no primeiro dia após o processamento (1.223,54 gf), ao passo que aquelas com 20% de amido foram significativamente ( $p < 0,05$ ) mais macias (882,80 gf). No 14º dia de estocagem, a firmeza dos bolos sem amido foi aproximadamente 1,5 vezes maior (2.655,67 gf) do que a de todas as outras amostras. Estas apresentaram valores de firmeza entre 1.803,76 gf e 1.868,88 gf, para os bolos com 5% e 20% de amido, respectivamente, que não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ).

Na Figura 14, observa-se o comportamento da firmeza do miolo dos bolos elaborados com diferentes concentrações de amido em função dos dias de estocagem.



**Figura 14.** Comportamento da firmeza do miolo dos bolos com diferentes concentrações de amido durante a estocagem  
 Fa0: 0% amido; Fa5: 5% amido; Fa10: 10% amido; Fa15: 15% amido; Fa20: 20% amido.

O amido de milho foi efetivo na redução de firmeza dos bolos durante os 14 dias de estocagem em concentrações de 5% a 20%. Estes resultados concordam com o estudo de Seyhum, Sumnu e Sahin (2005), que avaliaram o efeito de diferentes tipos de amido (milho, batata, milho ceroso, amido de milho com alto teor de amilose e pré-gelatinizado) com a finalidade de retardar o envelhecimento de bolos cozidos em forno de microondas. Os amidos foram adicionados na concentração de 5% (em substituição do total de farinha), e compararam-se com uma amostra controle (bolo sem amido). Os resultados indicaram que todos os amidos, exceto o amido de milho com alto teor de amilose, foram efetivos em retardar o envelhecimento (redução de firmeza) durante a estocagem de cinco dias, e entre eles o mais efetivo foi o amido pré-gelatinizado. Os bolos com amido de milho com alto teor de amilose foram mais firmes que a amostra controle.

A adição de amido pode ter contribuído com a retenção de umidade até o final da estocagem de 14 dias e modificaram a textura, tornando os bolos menos firmes. No entanto, o incremento da concentração de amido na formulação influenciou outros aspectos (não mensurados, mas observados durante as avaliações), como uma maior fragilidade do miolo ou tendência ao esfarelamento. Melhores características foram obtidas com concentrações de amido de milho de 5 e 10%.

#### ◆ **Cor instrumental do miolo dos bolos**

Na Tabela 15, apresentam-se os resultados de cor instrumental do miolo dos bolos com diferentes concentrações de amido de milho durante 14 dias de estocagem.

**Tabela 15.** Parâmetros de cor instrumental dos bolos com diferentes concentrações de amido

<b>Análises</b>									
<b>Formulação</b>	<b>Dia 1</b>			<b>Dia 7</b>			<b>Dia 14</b>		
	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Fa0	80,12 ab,B	0,97 a,B	21,25 ab,B	81,79 a,A	1,02 a,B	21,75 a,B	80,38 b,AB	1,55 a,A	22,84 a,A
Fa5	79,15 b,B	0,90 a,A	21,60 a,A	81,45 a,A	0,97 a,A	21,52 a,A	82,04 a,A	1,05 ab,A	21,16 b,A
Fa10	79,95 b,A	0,71 ab,B	21,33 a,A	80,96 a,A	0,96 a,AB	22,33 a,A	82,41 a,A	1,20 ab,A	22,07 ab,A
Fa15	79,01 b,B	1,05 a,A	21,62 a,A	82,51 a,A	0,98 a,A	21,75 a,A	82,95 a,A	1,08 ab,A	21,37 b,A
Fa20	82,19 a,A	0,44 b,A	20,33 b,B	81,66 a,A	0,82 a,A	21,52 a,A	81,94 a,A	0,91 b,A	21,64 b,A

Fa0: 0% amido; Fa5: 5% amido; Fa10: 10% amido; Fa15: 15% amido; Fa20: 20% amido. Os valores apresentados representam a média de oito replicatas. Médias de L\*, a\* e b\* com a mesma letra minúscula na mesma coluna ou maiúscula na mesma linha, para o mesmo parâmetro em dias diferentes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que nos dias 1 e 7 não houve diferença significativa em relação aos parâmetros L\*, a\* e b\*, que indicam a luminosidade, tendência ao tom vermelho e tendência ao tom amarelo, respectivamente, entre as amostras com amido e a amostra controle sem amido. No entanto, no dia 14 de estocagem, os bolos sem amido (amostra Fa0) apresentaram menor luminosidade e maior tendência ao tom amarelo (b\*) que a maioria das amostras com amido. Além disto, o valor de a\* para a amostra sem amido foi significativamente superior à amostra com 20% de amido.

## **5.4. Elaboração dos bolos com diferentes níveis de gordura e $\alpha$ -amilase maltogênica**

A partir dos resultados obtidos nos ensaios preliminares, escolheram-se as concentrações de gordura e amido que foram utilizadas para a formulação dos bolos com a enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica. As concentrações escolhidas foram: 20, 40 e 60% de gordura (base farinha) e 5% de amido (para substituir parte da farinha de trigo).

## **5.5. Avaliação da qualidade das massas e dos bolos**

### **5.5.1. Avaliação da qualidade das massas**

#### **5.5.1.1. pH e densidade aparente das massas**

Os resultados das análises de pH e densidade aparente das massas estão apresentados na Tabela 16 e nas Figuras 15 e 16.

Com respeito ao pH, encontrou-se que os resultados oscilaram entre 7,24 e 7,61, correspondentes às amostras F<sub>20-1000</sub> e F<sub>40-500</sub>, respectivamente. Esses valores de pH são apropriados na elaboração de bolos. Segundo Ash e Colmey (1973), citados por Khalil (1998), valores de pH dentro da faixa de 6,50 a 7,70 são considerados ideais para o processamento de bolos. Segundo Pylar (1973), o pH é de grande importância na definição da cor e textura dos bolos. Por exemplo, em bolos de chocolate tipo “*devil’s food cake*”, a cor pode mudar desde uma tonalidade marrom mais clara (em pH de 7,0 a 7,5) até uma mais escura (em pH de 8,8 ou 9,0). Ao mesmo tempo, a textura tende a ser muito mais fina quando o pH aumenta. Um pH elevado demais é desfavorável porque pode produzir um sabor alcalino desagradável.

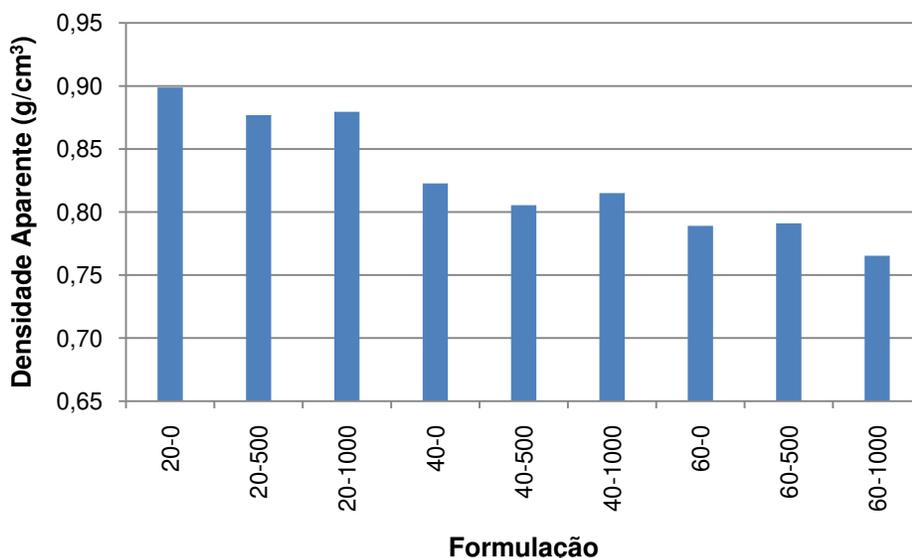
**Tabela 16.** Valores de pH e densidade aparente das massas, e volume específico dos bolos com diferentes quantidades de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica

Formulação	pH*	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )*	Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)*
F <sub>20-0</sub>	7,49 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,90 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,37 ± 0,07 <sup>cd</sup>
F <sub>20-500</sub>	7,31 ± 0,09 <sup>bc</sup>	0,88 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,38 ± 0,02 <sup>cd</sup>
F <sub>20-1000</sub>	7,24 ± 0,07 <sup>c</sup>	0,88 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,87 ± 0,13 <sup>a</sup>
F <sub>40-0</sub>	7,50 ± 0,08 <sup>ab</sup>	0,82 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,75 ± 0,06 <sup>ab</sup>
F <sub>40-500</sub>	7,61 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,00 <sup>bc</sup>	2,45 ± 0,04 <sup>cd</sup>
F <sub>40-1000</sub>	7,45 ± 0,11 <sup>ab</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>bc</sup>	2,49 ± 0,02 <sup>cd</sup>
F <sub>60-0</sub>	7,40 ± 0,05 <sup>bc</sup>	0,79 ± 0,01 <sup>cd</sup>	2,33 ± 0,03 <sup>d</sup>
F <sub>60-500</sub>	7,43 ± 0,04 <sup>abc</sup>	0,79 ± 0,00 <sup>bcd</sup>	2,76 ± 0,13 <sup>ab</sup>
F <sub>60-1000</sub>	7,49 ± 0,09 <sup>ab</sup>	0,77 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,56 ± 0,01 <sup>bc</sup>

F<sub>20-0</sub>: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-500</sub>: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-1000</sub>: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-0</sub>: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-500</sub>: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-1000</sub>: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-0</sub>: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-500</sub>: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-1000</sub>: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

\*Os valores de pH, densidade aparente e volume específico apresentados representam a média de triplicatas. Médias com a mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 15, observa-se que quanto maior a quantidade de gordura, menor a densidade das massas, o que deve estar associado ao aumento da aeração propiciado pela gordura. Já a enzima não teve efeito significativo sobre este parâmetro.



**Figura 15.** Densidade aparente das massas dos bolos elaboradas com diferentes concentrações de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica

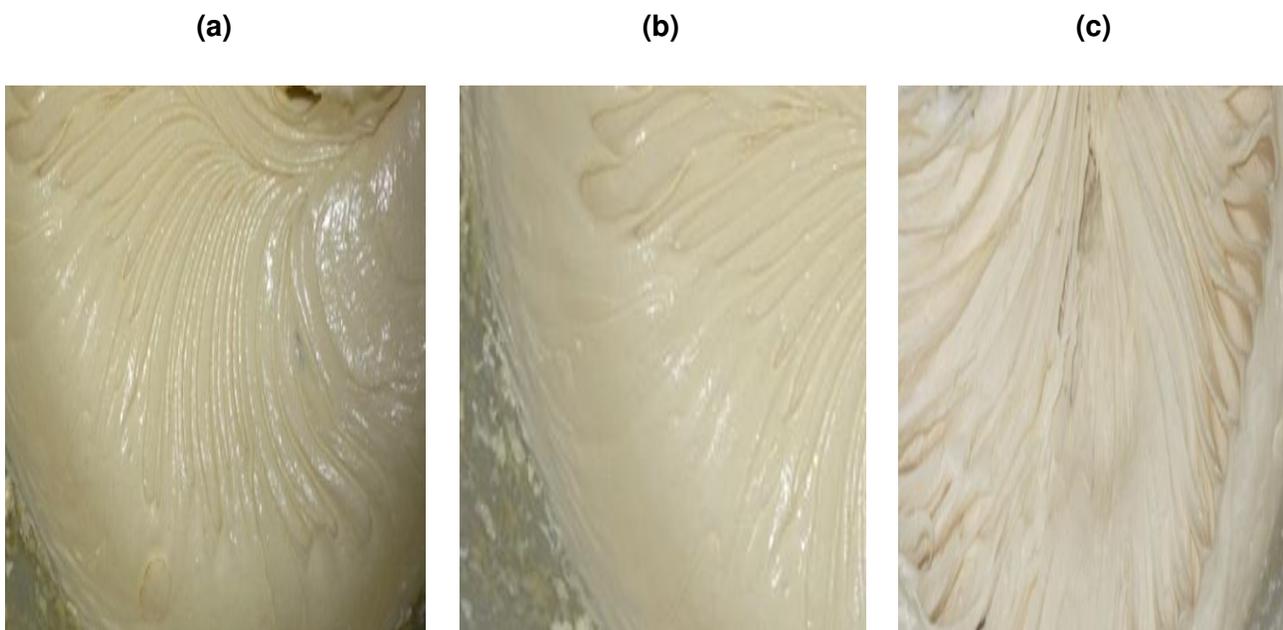
**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

A densidade das massas com 20% de gordura foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) à das massas com 40 e 60% de gordura. Os valores encontrados nas amostras sem  $\alpha$ -amilase maltogênica foram de 0,90 g/cm<sup>3</sup> (amostra F<sub>20-0</sub>), 0,82 g/cm<sup>3</sup> e 0,79 g/cm<sup>3</sup> (amostras F<sub>40-0</sub> e F<sub>60-0</sub>). Densidades inferiores correspondem às massas elaboradas com 60% de gordura, cujos

valores foram de  $0,77 \text{ g/cm}^3$  (amostra  $F_{60-1000}$ ) e  $0,79 \text{ g/cm}^3$  (amostras  $F_{60-0}$  e  $F_{60-500}$ ).

A adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica não demonstrou ter influência sobre o parâmetro de densidade. Observa-se que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as massas com 0, 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, tanto nas formulações com 20, 40 e 60% de gordura.

Na Figura 16, estão apresentadas as imagens das massas obtidas com 20, 40 e 60% de gordura (sem adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica).



**Figura 16.** Massas dos bolos elaboradas com (a) 20, (b) 40, e (c) 60% de gordura

A densidade diminuiu conforme incrementou-se a quantidade de gordura. Valores mais baixos de densidade significam maior quantidade de ar incorporado na massa (KOCER *et al.*, 2007; DILEK *et al.*, 2007). Concentrações altas (60%) tiveram influência sobre a coloração da massa, tornando-a mais clara. A diferença de cor pode ser o resultado das variações das quantidades dos

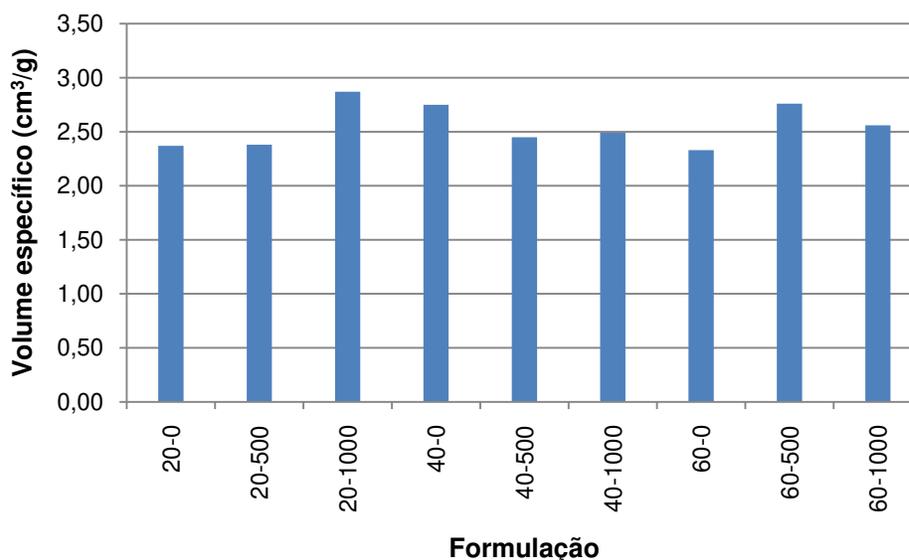
ingredientes majoritários (gordura, ovo, leite, açúcar) e da maior formação de espuma (ar incorporado) no batimento.

## **5.5.2. Avaliação da qualidade dos bolos**

Os resultados das análises de qualidade dos bolos encontram-se nas Tabelas 16 a 20 e nas Figuras 17 a 22.

### **5.5.2.1. Volume específico dos bolos**

Os resultados de volume específico dos bolos estão apresentados na Tabela 16 e na Figura 17. Observa-se que não houve uma relação inversa entre a densidade aparente das massas (Figura 15) e o volume específico dos bolos (como poderia se esperar), principalmente com a adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica.



**Figura 17.** Volume específico dos bolos elaborados com diferentes concentrações de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica

**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Segundo Sahi e Alava (2003), trabalharam com diferentes emulsificantes em *sponge cake*. Eles obtiveram valores de densidade variando de 0,55 a 0,75 g/cm<sup>3</sup>, para formulações com diferentes concentrações de monoestearato de glicerol (GMS) ou éster de poliglicerol (PGE). O volume específico dos bolos variou de 2,9 a 3,9 cm<sup>3</sup>/g.

Comparando-se o volume específico dos bolos elaborados sem  $\alpha$ -amilase maltogênica, observa-se que o maior valor, equivalente a 2,75 cm<sup>3</sup>/g, foi obtido para a formulação com 40% de gordura (amostra F<sub>40-0</sub>). Sakiyan *et al.* (2004) estudaram o efeito da adição de diferentes concentrações de gordura (entre 0 a 50%) e de dois tipos de emulsificante, na dosagem de 3%, na elaboração de bolos. Concluíram que o incremento da gordura na formulação originou maior aprisionamento do ar durante o processo de

batimento, incrementando a viscosidade da massa, o que poderia estar relacionado com o aumento do volume dos bolos.

Comparando-se o volume específico dos bolos elaborados com  $\alpha$ -amilase maltogênica, observa-se que quando a enzima foi adicionada na concentração de 500 ppm, o maior valor foi de 2,76 cm<sup>3</sup>/g ( $p < 0,05$ ), correspondente aos bolos formulados com 60% de gordura (amostra F<sub>60-500</sub>). Já quando a concentração da enzima foi de 1000 ppm, o maior valor de volume específico foi de 2,87 cm<sup>3</sup>/g ( $p < 0,05$ ), correspondente aos bolos formulados com 20% de gordura (amostra F<sub>20-1000</sub>). Isto poderia indicar que é possível elaborar bolos com qualidade similar à de bolos com maiores teores de gordura, utilizando a enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica. A enzima, atuando sobre o amido gelatinizado no forno, pode reduzir a viscosidade da massa (como visto no parâmetro viscosidade máxima nos testes de propriedades de pasta, item 5.2), permitindo a expansão por mais tempo no forno e resultando em bolos com maiores volumes.

#### **5.5.2.2. Atividade de água do miolo dos bolos**

A Tabela 17 apresenta os resultados da análise de atividade de água (Aw) do miolo dos bolos durante 21 dias de estocagem. A Aw inicial oscilou entre 0,893 (amostra F<sub>60-1000</sub>) e 0,913 (amostra F<sub>40-0</sub>). Neste estudo, não encontrou-se uma relação entre a Aw dos bolos e as formulações com distintas concentrações de gordura. A Aw média para os dias 1, 7, 14 e 21 foi de 0,904, 0,891, 0,870 e 0,856, respectivamente. Estes resultados estão dentro da faixa de Aw encontrada em outros estudos.

Zambrano *et al.* (2005) avaliaram o efeito das gomas guar e xantana (0,132% a 0,468%, base farinha), de emulsificante (1% a 3%, base farinha), e

do nível de substituição de gordura em bolos (0% a 100%) sobre o parâmetro de atividade de água, através da metodologia de superfície de resposta. Os resultados mostraram que a substituição de gordura nos bolos com gomas e emulsificante provocou mínima variação na atividade de água. A  $A_w$  média foi de 0,863.

Battochio (2007), comparou o comportamento da  $A_w$  durante sete dias de estocagem de um bolo elaborado com 100% de açúcar granulado (base farinha), e um bolo *light* com 0,024% de sucralose e uma proporção de 4,1% de povidexose/21,9% de lactitol. Os resultados mostraram que não houve diferença de  $A_w$  entre as amostras. O valor de  $A_w$  inicial foi de 0,88 para ambas amostras, e a  $A_w$  final foi de 0,90 e 0,89 para o bolo com sacarose e o bolo *light*, respectivamente.

Segundo Shafiur e Labuza (2008), quando a  $A_w$  de bolos encontra-se na faixa de 0,80 a 0,87, é possível ocorrer crescimento de microorganismos como *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces (bailii) spp.*, *Debaryomyces* e bolores *Penicillium* micotoxigênicos; e quando a  $A_w$  está na faixa de 0,87 a 0,91 é possível encontrar leveduras (*Candida*, *Torulopsis*, *Hansenula*) e *Micrococcus*.

Observa-se que, durante a estocagem, houve tendência à queda da  $A_w$  para todas as amostras. Na verdade, há uma redistribuição da água entre miolo e crosta (migração de água do miolo para a crosta), já que os bolos estavam embalados. Segundo Schiraldi e Fessas (2001), a atividade de água diminui com o envelhecimento do miolo.

A partir dos resultados obtidos, pode-se destacar o comportamento das amostras  $F_{20-0}$  e  $F_{20-1000}$ , nos dias 1 e 21 de estocagem. Nestes dias, a  $A_w$  da amostra  $F_{20-1000}$  foi significativamente superior, e no 21º dia, a amostra  $F_{20-0}$  foi significativamente inferior ( $p < 0,05$ ). No 21º dia, os valores de  $A_w$  de  $F_{20-1000}$  e  $F_{20-0}$  foram 0,894 e 0,818, respectivamente.

Era de se esperar valores de  $A_w$  mais altos nos bolos elaborados com 20% de gordura, devido à menor adição de gordura e açúcar (sólidos), incrementando a quantidade total de massa para uma quantidade de líquidos (leite e ovos) fixa (base farinha). A amostra  $F_{20-0}$  apresentou menor  $A_w$  no final da estocagem. Isto pode demonstrar que tanto a gordura como a enzima têm efeito na retenção de umidade no miolo dos bolos. A gordura tem efeito impermeabilizante e a enzima produz compostos de degradação do amido com maior higroscopicidade.

Com o balanceamento de formulações utilizado, a quantidade de açúcar aumentou conforme se incrementou a concentração de gordura na formulação. Cauvain e Young (2000) explicam que geralmente é a presença de altos níveis de açúcar nos bolos que reduz a atividade de água do produto e, portanto, as taxas de evaporação da umidade.

### **5.5.2.3. Umidade do miolo dos bolos**

A Tabela 17 apresenta os resultados da análise de umidade do miolo dos bolos durante 21 dias de estocagem.

A umidade inicial do miolo dos bolos variou de 23,42% (amostra  $F_{60-1000}$ ) a 30,14% (amostra  $F_{20-500}$ ), e no dia 21 de estocagem variou de 19,50% (amostra  $F_{60-1000}$ ) a 25,53% (amostra  $F_{20-1000}$ ).

O bolo é um tipo de produto cuja umidade encontra-se dentro dos valores obtidos neste estudo. Battochio (2007) desenvolveu uma formulação de bolo de linhaça *diet*, utilizando sucralose (0,024%) e polidextrose/lactitol (4,1%/21,9%) como substitutos da sacarose. A quantidade de gordura utilizada foi de 36%, e com fins comparativos, foi elaborado um bolo padrão (com 100% de sacarose, base farinha). Após sete dias de estocagem

encontraram-se valores de umidade no bolo padrão e no bolo *diet*, iguais a 26,96% e 27,12%, respectivamente.

Os resultados de umidade mostraram que houve perda significativa de umidade em todas as amostras após sete dias de estocagem, e que com exceção da amostra F<sub>20-0</sub>, em todas as outras se manteve a umidade do dia 7 até o dia 14. Um comportamento parecido foi observado no estudo feito por Bortolo (1998), que estudou a variação da umidade dos bolos produzidos com uma mistura de amido-goma xantana (0,32%/0,74%), com um substituto de gordura comercial (20,60%), e de um bolo padrão (com 30% de gordura). Nos três testes foi observado que a maior perda de umidade ocorreu entre o segundo e o quarto dia de estocagem. Em 12 dias de estocagem a umidade encontrada foi de aproximadamente 27%, 25% e 23% para as amostras padrão, amostra com a mistura amido-goma xantana e amostra com o substituto de gordura, respectivamente.

Observa-se que, em cada dia de análise, os bolos com 20% de gordura foram significativamente ( $p < 0,05$ ) mais úmidos, seguidos dos formulados com 40 e 60% de gordura, nesta ordem. Isto pode ser explicado porque na definição da formulação, enquanto a concentração de gordura aumentava, também aumentavam a quantidade de açúcar, aumentando o teor de sólidos totais.

Como foi comentado anteriormente, os bolos elaborados com 20% de gordura foram os mais úmidos no final da estocagem. No entanto, observou-se que entre eles os bolos adicionados com 1000 ppm da enzima (amostra F<sub>20-1000</sub>) perderam menos umidade durante a estocagem (12%), passando de 28,90% (dia 1) para 25,53% (dia 21). Isto pode ter acontecido como consequência da hidrólise enzimática do amido produzida pela ação da  $\alpha$ -amilase maltogênica, com a formação de dextrinas higroscópicas. Esta mesma amostra foi a que apresentou o maior valor de atividade de água no final da estocagem.

**Tabela 17.** Atividade de água e umidade do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica, durante estocagem de 21 dias

Formulação	Aw*				Umidade (%)*			
	Dia de estocagem				Dia de estocagem			
	1º dia	7º dia	14º dia	21º dia	1º dia	7º dia	14º dia	21º dia
<b>F<sub>20-0</sub></b>	0,897 ± 0,005 a,CD	0,885 ± 0,005 ab,E	0,870 ± 0,001 b,BC	0,818 ± 0,011 c,F	29,63 ± 0,56 a,AB	28,42 ± 0,15 b,A	26,94 ± 0,57 c,A	25,37 ± 0,10 d,A
<b>F<sub>20-500</sub></b>	0,907 ± 0,003 a,ABC	0,894 ± 0,002 b,CD	0,887 ± 0,002 b,A	0,866 ± 0,005 c,BC	30,14 ± 0,09 a,A	27,27 ± 0,35 b,B	26,87 ± 0,31 b,A	25,38 ± 0,24 c,A
<b>F<sub>20-1000</sub></b>	0,909 ± 0,003 a,AB	0,912 ± 0,002 ab,A	0,876 ± 0,001 c,B	0,894 ± 0,002 b,A	28,90 ± 0,34 a,AB	27,47 ± 0,38 b,AB	27,52 ± 0,23 b,A	25,53 ± 0,12 c,A
<b>F<sub>40-0</sub></b>	0,913 ± 0,001 a,A	0,903 ± 0,002 b,B	0,866 ± 0,002 d,C	0,877 ± 0,002 c,B	27,38 ± 0,67 a,CD	24,79 ± 0,21 b,C	23,52 ± 0,15 bc,B	22,67 ± 0,35 c,B
<b>F<sub>40-500</sub></b>	0,913 ± 0,001 a,A	0,902 ± 0,001 b,BC	0,894 ± 0,002 c,A	0,860 ± 0,002 d,C	28,31 ± 0,55 a,BC	24,60 ± 0,45 b,C	24,21 ± 0,37 b,B	21,51 ± 0,36 c,C
<b>F<sub>40-1000</sub></b>	0,904 ± 0,003 a,ABCD	0,894 ± 0,002 ab,CD	0,887 ± 0,005 b,A	0,853 ± 0,004 c,CD	26,79 ± 0,22 a,D	24,29 ± 0,21 b,C	23,77 ± 0,49 b,B	21,38 ± 0,25 c,CD
<b>F<sub>60-0</sub></b>	0,899 ± 0,003 a,BCD	0,863 ± 0,001 b,G	0,850 ± 0,004 c,DE	0,838 ± 0,001 d,E	24,32 ± 0,49 a,E	21,37 ± 0,53 b,D	21,13 ± 0,01 b,C	20,56 ± 0,29 b,CD
<b>F<sub>60-500</sub></b>	0,904 ± 0,001 a,ABCD	0,890 ± 0,004 b,DE	0,845 ± 0,003 c,E	0,852 ± 0,004 c,CD	24,95 ± 0,38 a,E	22,29 ± 0,52 b,D	21,26 ± 0,41 bc,C	20,64 ± 0,48 c,D
<b>F<sub>60-1000</sub></b>	0,893 ± 0,007 a,D	0,872 ± 0,002 b,F	0,855 ± 0,006 c,D	0,845 ± 0,002 c,DE	23,42 ± 0,60 a,F	21,76 ± 0,32 b,D	21,51 ± 0,33 b,C	19,50 ± 0,47 c,E

**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

\*Os valores de atividade de água e umidade apresentados representam a média de triplicatas. Médias com a mesma letra minúscula na mesma linha, para o mesmo parâmetro, ou maiúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Comparando-se os bolos elaborados com 20% de gordura, os valores de umidade inicial (dia 1) das diferentes amostras não diferiram entre si. No entanto, observa-se que a perda de umidade dos bolos sem  $\alpha$ -amilase maltogênica (amostra  $F_{20-0}$ ) foi significativa desde o começo da estocagem ( $p < 0,05$ ), passando de 29,63% (dia 1) para 25,37% (dia 21), o que equivale a 15% de perda, aproximadamente. Após 14 dias de estocagem, os bolos adicionados com 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica mantiveram a umidade correspondente àquela do dia 7, mas entre os dias 14 e 21 houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ).

Comparando-se os bolos elaborados com 40% de gordura, a diferença de umidade entre as amostras com e sem  $\alpha$ -amilase maltogênica, não foi significativa ( $p < 0,05$ ) durante os primeiros 14 dias de estocagem, mas no 21º dia encontrou-se diferença, dado que os bolos sem a enzima foram mais úmidos (22,67%). Com a adição de 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica (amostras  $F_{40-500}$  e  $F_{40-1000}$ ), observou-se que a diferença de umidade dos bolos entre os dias 7 e 14 não foi significativa ( $p < 0,05$ ), mas sim entre os dias 14 e 21. A perda de umidade durante a estocagem foi de aproximadamente 17% para as amostras sem enzima, e de 24% e 20% para as amostras com 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, respectivamente.

Comparando-se os bolos elaborados com 60% de gordura, observa-se que a amostra com 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica ( $F_{60-1000}$ ) foi significativamente ( $p < 0,05$ ) menos úmida do que as outras amostras, nos dias 1 e 21 de estocagem, apresentando valores de 23,42 e 19,50%, respectivamente. Observa-se também que não houve perda significativa de umidade ( $p < 0,05$ ) entre os dias 7 e 14, no caso das amostras com enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica ( $F_{60-500}$  e  $F_{60-1000}$ ), nem entre os dias 7 e 21 para o caso da amostra sem enzimas.

De forma geral, é possível ressaltar que a amostra F<sub>20-1000</sub> apresentou menor perda de umidade durante os 21 dias de estocagem dos bolos, sendo que, nesse período, perdeu apenas 12% da umidade total, ao passo que outras amostras, como F<sub>40-500</sub> e F<sub>40-1000</sub> perderam em torno de 20 e 24%, no mesmo período. Com o balanceamento das formulações, conforme aumenta a quantidade de gordura também aumenta a quantidade de açúcar.

Quando se trabalha com teores de gordura de 20% (usuais em bolos industrializados no Brasil), a enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica parece ter efeito sobre a retenção de umidade no miolo dos bolos durante a estocagem, o que pode ter um impacto sensorial positivo. No entanto, esse efeito diminui quando se incrementa a quantidade de gordura na formulação. Em concentrações ainda maiores (como 60%), a perda de umidade é baixa, mas também a umidade inicial é baixa.

#### **5.5.2.4. Textura instrumental do miolo dos bolos**

A Tabela 18 apresenta os resultados da análise de textura instrumental, onde avaliou-se a firmeza do miolo, durante 21 dias de estocagem.

**Tabela 18.** Firmeza do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica, durante 21 dias de estocagem

<b>Firmeza (gf)</b>				
<b>Dia de estocagem</b>				
<b>Formulação</b>	<b>1 ° dia</b>	<b>7 ° dia</b>	<b>14 ° dia</b>	<b>21 ° dia</b>
<b>F<sub>20-0</sub></b>	1.293,14 ± 93,05 c,B	1.389,65 ± 58,56 bc,B	1.469,73 ± 58,08 b,A	1.741,32 ± 77,25 a,B
<b>F<sub>20-500</sub></b>	792,82 ± 64,30 d,E	921,59 ± 37,64 c,E	1.249,64 ± 83,43 b,B	1.483,74 ± 66,27 a,C
<b>F<sub>20-1000</sub></b>	637,35 ± 53,24 b,F	907,15 ± 17,58 a,E	930,82 ± 34,18 a,D	988,47 ± 85,45 a,E
<b>F<sub>40-0</sub></b>	1.037,75 ± 60,39 b,C	1.196,69 ± 52,37 ab,CD	1.136,76 ± 78,9 b,BC	1.345,74 ± 60,69 a,CD
<b>F<sub>40-500</sub></b>	956,46 ± 63,0 b,CD	959,14 ± 40,48 ab,E	1.091,69 ± 83,16 a,BCD	1.038,42 ± 93,52 ab,E
<b>F<sub>40-1000</sub></b>	866,08 ± 59,22 b,DE	925,60 ± 56,78 b,E	1.177,74 ± 53,53 a,BC	1.111,17 ± 94,44 a,E
<b>F<sub>60-0</sub></b>	1.684,19 ± 110,14 b,A	1.546,34 ± 26,33 b,A	1.606,05 ± 153,01 b,A	1.940,59 ± 91,24 a,A
<b>F<sub>60-500</sub></b>	1.063,41 ± 46,85 b,C	1.294,12 ± 78,08 a,BC	1.226,04 ± 33,73 a,B	1.315,64 ± 103,50 a,CD
<b>F<sub>60-1000</sub></b>	918,97 ± 61,54 c,CDE	1.094,41 ± 65,84 ab,D	1.025,14 ± 33,26 bc,CD	1.157,59 ± 86,23 a,DE

**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Os valores de firmeza apresentados representam a média de seis replicatas. Médias com a mesma letra minúscula na mesma linha ou maiúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que a firmeza dos bolos das nove formulações aumentou conforme transcorreu o tempo de estocagem, como consequência da perda de umidade do miolo e da retrogradação do amido.

Os valores de firmeza no 1º dia oscilaram entre 647,35 gf (amostra F<sub>20-1000</sub>) e 1684,19 gf (amostra F<sub>60-0</sub>), e no 21º dia entre 988,47 gf (amostra F<sub>20-1000</sub>) e 1940,59 gf (amostra F<sub>60-0</sub>), o que demonstra que tanto a quantidade de gordura quanto de  $\alpha$ -amilase maltogênica tiveram influência sobre a textura dos bolos.

Zambrano *et al.* (2005) utilizaram gomas guar e xantana como substitutos de gordura em bolos. Eles encontraram que os bolos menos firmes (982,47 gf) foram aqueles feitos com 0,2% goma guar e 0,3% goma xantana, 2,32% de emulsificante e 29,80% de substituição de gordura. Comparando estes resultados com os obtidos no presente estudo com 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, poderia dizer-se que o uso desta enzima é mais eficiente do que o uso de gomas para atingir uma textura mais macia, dado que o valor de firmeza correspondente ao dia 21 de estocagem (988,47 gf) foi similar ao obtido por Zambrano e colaboradores no primeiro dia.

Guy e Sahi (2006) testaram a enzima lipase (0,06 g kg<sup>-1</sup>) em bolos tipo *high-ratio* e chegaram à conclusão de que com a adição da enzima melhorou-se a percepção de frescor durante 14 dias de estocagem. No 1º dia, o valor de firmeza encontrado nos bolos adicionados de lipase foi de 850 gf, e de 1126 gf nos bolos sem enzima. No 14º dia, a firmeza dos bolos com e sem enzima foi de 1457 gf e 1848 gf, respectivamente.

A análise dos resultados da textura instrumental do miolo dos bolos elaborados sem a adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica mostra que a adição de gordura em diferentes concentrações influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) a firmeza. Observa-se que, no 1º dia após o processamento, os bolos mais macios corresponderam à formulação com 40% de gordura e os menos

macios à formulação com 60% de gordura, apresentando valores de 1.037,75 e 1.684,19 gf, respectivamente. O mesmo comportamento observou-se até o final do 21º dia de estocagem, quando esses valores de firmeza passaram a 1.345,74 e 1.940,59 gf no caso das formulações com 40 e 60% de gordura, respectivamente. Este comportamento era esperado, pois os resultados do ensaio preliminar realizado para definir a quantidade de gordura (Tabela 11), mostraram que os bolos com 60% de gordura foram mais firmes que os bolos com 20 e 40% de gordura (item 4.6.1).

Quanto ao efeito da adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica na concentração de 500 ppm, observou-se que, no 1º dia de estocagem, os bolos com 20% de gordura (amostra F<sub>20-500</sub>) foram significativamente ( $p < 0,05$ ) menos firmes que os bolos com 40% (amostra F<sub>40-500</sub>) e 60% de gordura (amostra F<sub>60-500</sub>), obtendo-se valores de 792,82, 1037,75 e 1063,41 gf para as diferentes formulações, respectivamente. Acredita-se que durante a estocagem, a  $\alpha$ -amilase maltogênica atuou sobre as amostras F<sub>40-500</sub> e F<sub>60-500</sub>, porque no 14º dia a firmeza destas amostras não diferiu estatisticamente da amostra F<sub>20-500</sub>, e no 21º dia, a amostra F<sub>40-500</sub> foi a menos firme de todas ( $p < 0,05$ ). A firmeza das amostras F<sub>20-500</sub>, F<sub>40-500</sub> e F<sub>60-500</sub>, no 21º dia, foi de 1483,74, 1038,42 e 1315,636 gf, respectivamente.

Com a adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica na concentração de 1000 ppm, observou-se que, no 1º dia de estocagem, os bolos com 20% de gordura (amostra F<sub>20-1000</sub>) foram significativamente ( $p < 0,05$ ) menos firmes que os bolos com 40% (amostra F<sub>40-1000</sub>) e 60% (amostra F<sub>60-1000</sub>) de gordura, obtendo-se valores de 637,35, 866,08 e 918,97 gf, respectivamente. No entanto, no término dos 21 dias, a firmeza das três amostras mencionadas não diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

Comparando-se o grau de firmeza das distintas amostras de bolo, em cada um dos dias analisados, observa-se que a amostra F<sub>60-0</sub> destacou-se

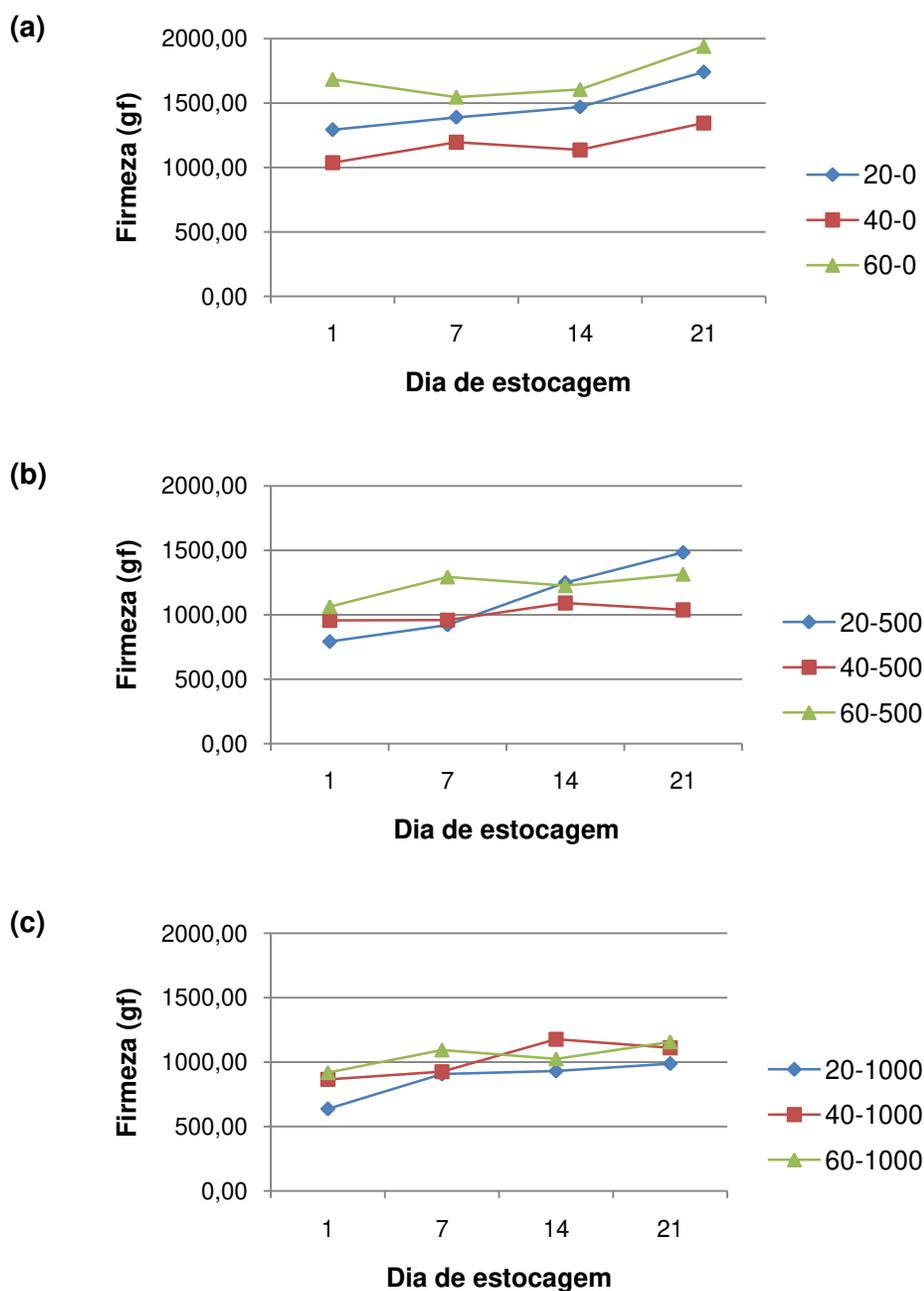
por ser significativamente ( $p < 0,05$ ) mais firme, seguida da amostra  $F_{20-0}$ . Durante os 21 dias de estocagem, o incremento da firmeza correspondente à amostra  $F_{60-0}$  foi de 1.684,19 gf (dia 1) até 1.940,59 gf (dia 21), e da amostra  $F_{20-0}$  foi de 1.293,14 gf (dia 1) até 1.741,32 gf (dia 21). Esse incremento de firmeza equivale a 15 e 35% para as amostras  $F_{60-0}$  e  $F_{20-0}$ , respectivamente.

Os valores de firmeza das amostras no final do período de estocagem avaliados podem estar relacionados com os valores de  $A_w$  encontrados no mesmo dia. A amostra  $F_{20-0}$  teve o menor valor de  $A_w$  (0,818) e foi uma das mais firmes no 21º dia de estocagem, e a amostra  $F_{20-1000}$  teve o maior valor de  $A_w$  (0,894) e foi uma das amostras menos firmes.

Contudo, é possível deduzir que a  $\alpha$ -amilase maltogênica tem um efeito positivo nos bolos por proporcionar maciez e por evitar o ganho de firmeza durante a estocagem.

Na Figura 18, exibe-se o comportamento dos bolos durante os 21 dias de estocagem, segundo a concentração da enzima. Na Figura 18a, nota-se o efeito da gordura, sendo os bolos com 40% de gordura os mais macios durante todo o período de estocagem. Com a adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica, principalmente na dosagem de 1000 ppm, obtêm-se bolos com menor firmeza em todos os dias avaliados e o efeito da gordura é minimizado. Desta forma, é possível obter bolos com menores teores de gordura (20%), com firmeza similar à de bolos com 40% de gordura, o que pode ser benéfico do ponto de vista nutricional.

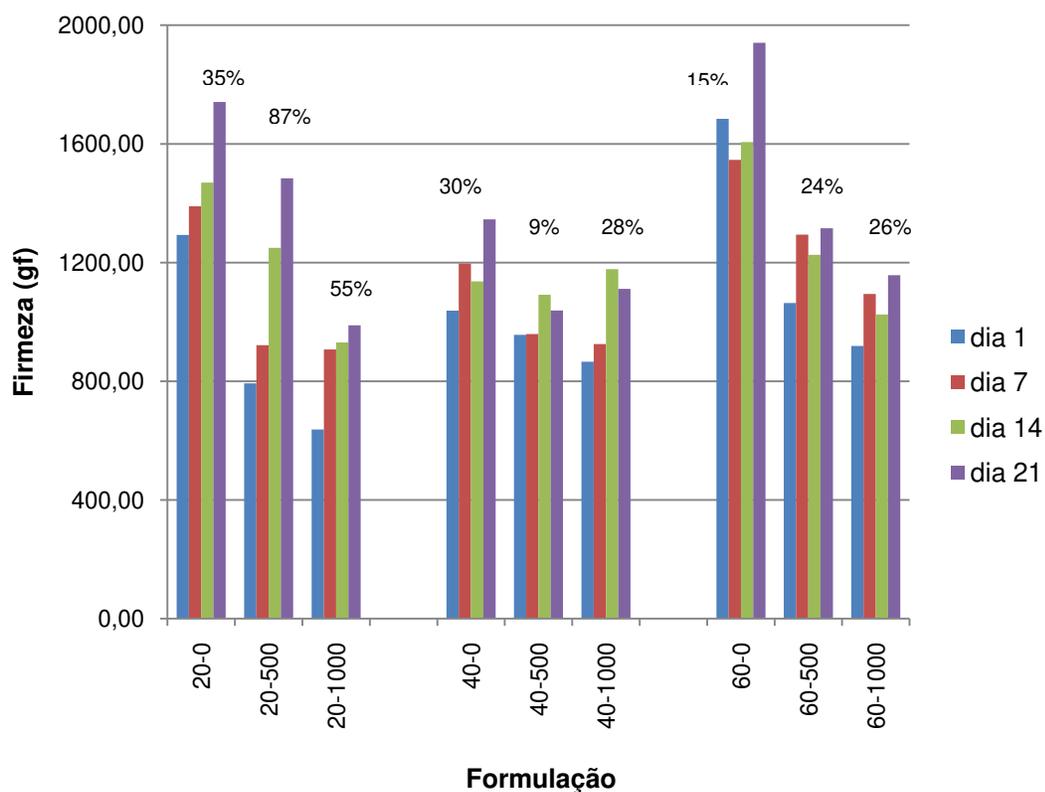
Como Goesaert *et al.* (2009 b) explicam, o mecanismo anti-firmeza da  $\alpha$ -amilase maltogênica é atribuído fundamentalmente à degradação extensiva da fração da amilopectina cristalizável, o que limita a formação de uma rede de amilopectina estável durante a estocagem, inibindo assim a retrogradação.



**Figura 18.** Comparação do comportamento dos bolos com (a) 0, (b) 500, e (c) 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica nas formulações com 20, 40 e 60% de gordura, durante 21 dias de estocagem

**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Na Figura 19, exibe-se o incremento de firmeza dos bolos durante 21 dias de estocagem.



**Figura 19.** Incremento da firmeza dos bolos durante 21 dias de estocagem. O valor acima indica a porcentagem de incremento de firmeza entre o 1<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dia de estocagem.

**F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-500</sub>**: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-500</sub>**: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-500</sub>**: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

No término dos 21 dias de estocagem, as amostras  $F_{20-1000}$ ,  $F_{40-500}$  e  $F_{40-1000}$  apresentaram os valores mais baixos de firmeza (ou maior maciez). Entre elas, cabe destacar que, embora a diferença da firmeza das amostras  $F_{20-1000}$  e  $F_{40-500}$ , entre o 7<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dia de estocagem, não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), a porcentagem de incremento de firmeza a partir do 1<sup>o</sup>

dia foi de 55 e 9%, respectivamente. Pode-se dizer então, que em bolos elaborados com a menor quantidade de gordura (20%), a ação da  $\alpha$ -amilase maltogênica foi mais evidente, mas quando a quantidade de gordura aumentou, existiu um efeito combinado da gordura e da enzima para retardar o incremento de firmeza. Enquanto a principal perda de maciez dos bolos com 20% de gordura aconteceu nos primeiros sete dias de estocagem, no caso dos bolos com 40%, esta perda aconteceu só no 14<sup>o</sup> dia.

#### **5.5.2.5. Cor instrumental do miolo dos bolos**

A Tabela 19 apresenta os resultados da análise de cor instrumental durante 21 dias de estocagem.

**Tabela 19.** Valores de L\*, a\* e b\* do miolo dos bolos com diferentes quantidades de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica, durante 21 dias de estocagem

	Amostra	Dia de estocagem			
		1º dia	7º dia	14º dia	21º dia
L*	F <sub>20-0</sub>	79,17 ± 0,48 <sup>ab,A</sup>	78,64 ± 0,26 <sup>a,A</sup>	79,06 ± 0,29 <sup>ab,A</sup>	78,71 ± 0,02 <sup>ab,A</sup>
	F <sub>20-500</sub>	79,37 ± 0,41 <sup>a,AB</sup>	78,68 ± 0,59 <sup>a,B</sup>	80,18 ± 0,53 <sup>a,A</sup>	79,78 ± 0,20 <sup>a,AB</sup>
	F <sub>20-1000</sub>	78,28 ± 0,54 <sup>abc,A</sup>	77,71 ± 0,84 <sup>a,A</sup>	78,05 ± 0,24 <sup>bc,A</sup>	77,15 ± 0,83 <sup>b,A</sup>
	F <sub>40-0</sub>	79,61 ± 0,12 <sup>a,A</sup>	78,46 ± 0,38 <sup>a,A</sup>	78,65 ± 0,31 <sup>ab,A</sup>	78,11 ± 1,45 <sup>ab,A</sup>
	F <sub>40-500</sub>	76,28 ± 0,20 <sup>abc,B</sup>	76,22 ± 0,45 <sup>bc,B</sup>	76,44 ± 0,43 <sup>c,A</sup>	78,15 ± 0,69 <sup>ab,A</sup>
	F <sub>40-1000</sub>	77,82 ± 0,18 <sup>dc,A</sup>	77,62 ± 0,58 <sup>a,A</sup>	76,88 ± 1,46 <sup>c,A</sup>	77,23 ± 0,78 <sup>b,A</sup>
	F <sub>60-0</sub>	76,83 ± 0,94 <sup>de,AB</sup>	75,35 ± 0,15 <sup>c,B</sup>	77,53 ± 0,09 <sup>bc,A</sup>	76,89 ± 0,91 <sup>b,AB</sup>
	F <sub>60-500</sub>	77,90 ± 0,04 <sup>bcd,A</sup>	78,33 ± 0,40 <sup>a,A</sup>	78,63 ± 0,38 <sup>ab,A</sup>	78,27 ± 1,14 <sup>ab,A</sup>
	F <sub>60-1000</sub>	77,38 ± 0,34 <sup>cde,A</sup>	77,47 ± 0,33 <sup>ab,A</sup>	77,62 ± 0,45 <sup>bc,A</sup>	77,51 ± 0,32 <sup>ab,A</sup>
a*	F <sub>20-0</sub>	1,41 ± 0,03 <sup>ab,BC</sup>	1,36 ± 0,09 <sup>abc,C</sup>	1,53 ± 0,02 <sup>ab,AB</sup>	1,60 ± 0,05 <sup>a,A</sup>
	F <sub>20-500</sub>	1,44 ± 0,03 <sup>ab,A</sup>	1,47 ± 0,06 <sup>abc,A</sup>	1,22 ± 0,09 <sup>bc,B</sup>	1,18 ± 0,06 <sup>c,B</sup>
	F <sub>20-1000</sub>	1,33 ± 0,13 <sup>ab,A</sup>	1,30 ± 0,08 <sup>abc,A</sup>	1,47 ± 0,11 <sup>abc,A</sup>	1,59 ± 0,25 <sup>a,A</sup>
	F <sub>40-0</sub>	1,31 ± 0,09 <sup>ab,B</sup>	1,65 ± 0,09 <sup>a,A</sup>	1,40 ± 0,09 <sup>abc,AB</sup>	1,54 ± 0,19 <sup>a,AB</sup>
	F <sub>40-500</sub>	1,41 ± 0,08 <sup>ab,A</sup>	1,53 ± 0,23 <sup>abc,A</sup>	1,22 ± 0,04 <sup>bc,A</sup>	1,17 ± 0,02 <sup>c,A</sup>
	F <sub>40-1000</sub>	1,35 ± 0,10 <sup>ab,A</sup>	1,33 ± 0,29 <sup>abc,A</sup>	1,61 ± 0,19 <sup>a,A</sup>	1,50 ± 0,14 <sup>ab,A</sup>
	F <sub>60-0</sub>	1,46 ± 0,13 <sup>ab,A</sup>	1,59 ± 0,04 <sup>ab,A</sup>	1,24 ± 0,12 <sup>bc,B</sup>	1,22 ± 0,05 <sup>bc,B</sup>
	F <sub>60-500</sub>	1,57 ± 0,11 <sup>ab,A</sup>	1,20 ± 0,06 <sup>bc,B</sup>	1,61 ± 0,13 <sup>a,A</sup>	1,62 ± 0,12 <sup>a,A</sup>
	F <sub>60-1000</sub>	1,24 ± 0,02 <sup>b,A</sup>	1,16 ± 0,12 <sup>c,A</sup>	0,84 ± 0,03 <sup>d,B</sup>	0,97 ± 0,02 <sup>c,B</sup>
b*	F <sub>20-0</sub>	22,81 ± 0,11 <sup>d,A</sup>	22,20 ± 0,14 <sup>d,A</sup>	22,49 ± 0,47 <sup>d,A</sup>	22,67 ± 0,10 <sup>d,A</sup>
	F <sub>20-500</sub>	22,47 ± 0,23 <sup>d,A</sup>	22,46 ± 0,60 <sup>d,A</sup>	21,40 ± 0,10 <sup>e,B</sup>	21,45 ± 0,08 <sup>e,AB</sup>
	F <sub>20-1000</sub>	23,10 ± 0,13 <sup>d,A</sup>	22,96 ± 0,25 <sup>d,A</sup>	23,15 ± 0,50 <sup>d,A</sup>	23,33 ± 0,22 <sup>d,A</sup>
	F <sub>40-0</sub>	25,04 ± 0,22 <sup>c,A</sup>	25,46 ± 0,29 <sup>bc,A</sup>	24,99 ± 0,14 <sup>bc,A</sup>	25,60 ± 0,27 <sup>b,A</sup>
	F <sub>40-500</sub>	26,27 ± 0,15 <sup>b,A</sup>	25,10 ± 0,29 <sup>bc,B</sup>	25,27 ± 0,23 <sup>bc,B</sup>	24,32 ± 0,20 <sup>c,C</sup>
	F <sub>40-1000</sub>	25,05 ± 0,43 <sup>c,A</sup>	25,76 ± 0,38 <sup>bc,A</sup>	24,69 ± 0,39 <sup>c,A</sup>	24,88 ± 0,51 <sup>bc,A</sup>
	F <sub>60-0</sub>	27,64 ± 0,25 <sup>a,A</sup>	27,59 ± 0,18 <sup>a,A</sup>	25,90 ± 0,01 <sup>ab,B</sup>	25,68 ± 0,24 <sup>b,B</sup>
	F <sub>60-500</sub>	27,20 ± 0,40 <sup>a,A</sup>	25,58 ± 0,23 <sup>bc,B</sup>	26,69 ± 0,16 <sup>a,AB</sup>	26,66 ± 0,63 <sup>a,AB</sup>
	F <sub>60-1000</sub>	26,18 ± 0,13 <sup>b,A</sup>	25,94 ± 0,28 <sup>b,AB</sup>	25,22 ± 0,25 <sup>bc,BC</sup>	25,14 ± 0,20 <sup>a,AB</sup>

F<sub>20-0</sub>: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-500</sub>: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-1000</sub>: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-0</sub>: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-500</sub>: 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-1000</sub>: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-0</sub>: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-500</sub>: 60% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-1000</sub>: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Os valores apresentados representam a média de oito replicatas. Médias de L\*, a\* e b\* com a mesma letra minúscula na mesma coluna ou maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que, no 1º e 21º dia, as médias dos valores de L\*, a\* e b\* foram de 78,07 e 77,98, de 1,39 e 1,38, e de 25,08 e 24,41, respectivamente. Valores similares foram encontrados na literatura.

Os valores de luminosidade obtidos neste estudo concordam com os observados por Becker-Almeida (2008), que avaliou o efeito da adição de gordura (9%, base farinha) e margarina (11,6%, base farinha) sobre os parâmetros de cor em bolo tipo inglês considerando as coordenadas L\* C\* h\*. A média dos valores de luminosidade (L\*) foi de 79,61 e 77,85 para os bolos com gordura e margarina, respectivamente.

Cardoso (2007) avaliou a cor de bolos *high ratio* tipo pão de ló utilizando farinha de trigo tratada termicamente. Encontrou valores de L\* de 77,32 a 79,26, valores de a\* de 7,46 a 7,91, e valores de b\* de 26,17 a 25,18. Os valores de L\* e b\* foram similares aos obtidos neste estudo com as diferentes concentrações de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica. No entanto, os valores de a\* foram diferentes, provavelmente por diferença na quantidade de ovos.

Observa-se que, entre os bolos formulados sem  $\alpha$ -amilase maltogênica, os bolos com 60% de gordura apresentaram valores mais baixos de luminosidade (L\*) que os bolos com 20% e 40% de gordura, os quais não apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ). Os bolos com 60% de gordura apresentaram também maior tendência para o tom amarelo (+b\*). Quando aumentou a proporção de gordura na formulação, também aumentou a quantidade de ovos, influenciando a cor pelos carotenóides presentes na gema dos ovos (LAI; LIN, 2006; MATZ, 1992). Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação à coordenada (a\*).

A adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica não demonstrou ter um efeito claro sobre a cor dos bolos. Mesmo que inicialmente foram observadas diferenças de L\* entre algumas amostras (p.ex. F<sub>40-0</sub> de F<sub>40-1000</sub>, F<sub>60-500</sub> de F<sub>60-0</sub>

e  $F_{20-1000}$ ), durante a estocagem tais diferenças não foram significativas ( $p < 0,05$ ). O mesmo observou-se para os parâmetros de  $a^*$  e  $b^*$  dos bolos com distintas concentrações de gordura.

Em geral, não observaram-se variações de cor durante o tempo de estocagem. A luminosidade ( $L^*$ ) correspondente ao dia 1 manteve-se até o dia 21. Só a amostra com 40% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica apresentou aumento de  $L^*$  e diminuição de  $b^*$  no dia 21.

Os bolos formulados com 20% e 40% de gordura tem uma tonalidade amarela menos acentuada que os bolos com 60% de gordura. No entanto, todos eles apresentaram características desejáveis de cor e brilho.

#### **5.5.2.6. Porosidade do miolo (estrutura alveolar)**

A Tabela 20 apresenta os resultados dos parâmetros utilizados para definir o tamanho médio dos alvéolos das fatias dos bolos e as Figuras 20 a 22 mostram as respectivas imagens.

As amostras utilizadas nesta análise foram as provenientes das seguintes formulações:  $F_{20-0}$ ,  $F_{20-1000}$ ,  $F_{40-0}$ ,  $F_{40-1000}$ ,  $F_{60-0}$  e  $F_{60-1000}$ , correspondentes às formulações sem enzima e com a maior concentração da enzima, em todos os níveis de gordura testados. Os parâmetros que definiram o tamanho médio dos alvéolos foram: área ( $\text{mm}^2$ ), comprimento (mm), diâmetro maior (mm) e diâmetro menor (mm).

Em geral, os alvéolos de todas as amostras apresentaram dimensões alongadas, sendo que a proporção média entre os diâmetros maior e menor dos alvéolos para todas as amostras foi de 1,77. A quantidade de

alvéolos identificados (com formas esféricas ou elípticas) foi relacionada à formulação utilizada. As massas formuladas com 20% de gordura tenderam a produzir bolos com um grande número de alvéolos, ao passo que massas com 60% de gordura produziram bolos com um menor número de alvéolos. Segundo Bennion e Bamford (1997), é desejável que um bolo apresente alvéolos abundantes, finos e distribuídos de maneira uniforme.

Entre os bolos elaborados sem  $\alpha$ -amilase maltogênica, as principais diferenças de porosidade foram observadas entre os bolos com 40 e 60% de gordura, cujos valores de área, comprimento, diâmetro maior e menor foram de 0,080 e 0,144 mm<sup>2</sup>, 0,863 e 1,204 mm, 0,285 e 0,392 mm, 0,169 e 0,214 mm, respectivamente.

A adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica não teve efeito sobre o número de alvéolos, nem sobre o tamanho dos alvéolos, com exceção das amostras com 60% de gordura, onde os valores de diâmetro menor da amostra F<sub>60-1000</sub> foram mais baixos que os da amostra F<sub>60-0</sub>. Isto indica que os alvéolos da amostra F<sub>60-1000</sub> tiveram um formato mais parecido a uma elipse que de uma esfera.

**Tabela 20.** Parâmetros alveolares do miolo dos bolos elaborados com diferentes quantidades de gordura e adicionados ou não de 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

Parâmetros	Formulação					
	F <sub>20-0*</sub>	F <sub>20-1000*</sub>	F <sub>40-0*</sub>	F <sub>40-1000*</sub>	F <sub>60-0**</sub>	F <sub>60-1000**</sub>
<b>Número de alvéolos</b>	1.415,33 ± 273,23 <sup>a</sup>	881,00 ± 427,82 <sup>ab</sup>	1.035,67 ± 253,53 <sup>ab</sup>	829,67 ± 213,01 <sup>ab</sup>	489,00 ± 133,99 <sup>b</sup>	559,33 ± 179,02 <sup>b</sup>
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	0,114 ± 0,038 <sup>ab</sup>	0,102 ± 0,034 <sup>ab</sup>	0,080 ± 0,022 <sup>b</sup>	0,093 ± 0,044 <sup>b</sup>	0,144 ± 0,044 <sup>a</sup>	0,101 ± 0,050 <sup>ab</sup>
<b>Comprimento perimetral (mm)</b>	1,057 ± 0,173 <sup>ab</sup>	1,018 ± 0,171 <sup>ab</sup>	0,863 ± 0,125 <sup>b</sup>	0,966 ± 0,207 <sup>ab</sup>	1,204 ± 0,201 <sup>a</sup>	0,994 ± 0,224 <sup>ab</sup>
<b>Diâmetro maior (mm)</b>	0,335 ± 0,053 <sup>ab</sup>	0,333 ± 0,047 <sup>ab</sup>	0,285 ± 0,039 <sup>b</sup>	0,316 ± 0,065 <sup>b</sup>	0,392 ± 0,053 <sup>a</sup>	0,320 ± 0,067 <sup>ab</sup>
<b>Diâmetro menor (mm)</b>	0,196 ± 0,029 <sup>ab</sup>	0,190 ± 0,023 <sup>ab</sup>	0,169 ± 0,022 <sup>b</sup>	0,173 ± 0,026 <sup>b</sup>	0,214 ± 0,030 <sup>a</sup>	0,175 ± 0,034 <sup>b</sup>

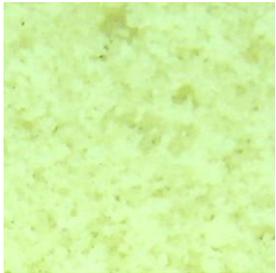
F<sub>20-0</sub>: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-1000</sub>: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-0</sub>: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>40-1000</sub>: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-0</sub>: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>60-1000</sub>: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Os valores de área, comprimento, diâmetro maior e menor apresentados representam a média de triplicatas (3 fatias de bolo/formulação).

Médias com a mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A gordura, quando adicionada em concentrações de 20 e 40% permite a correta formação de muitos pequenos núcleos de ar, que são uniformemente distribuídos. Isto se reflete na estabilidade da emulsão (massa), no crescimento uniforme do bolo durante o forneamento, no volume e na estrutura alveolar do produto final.

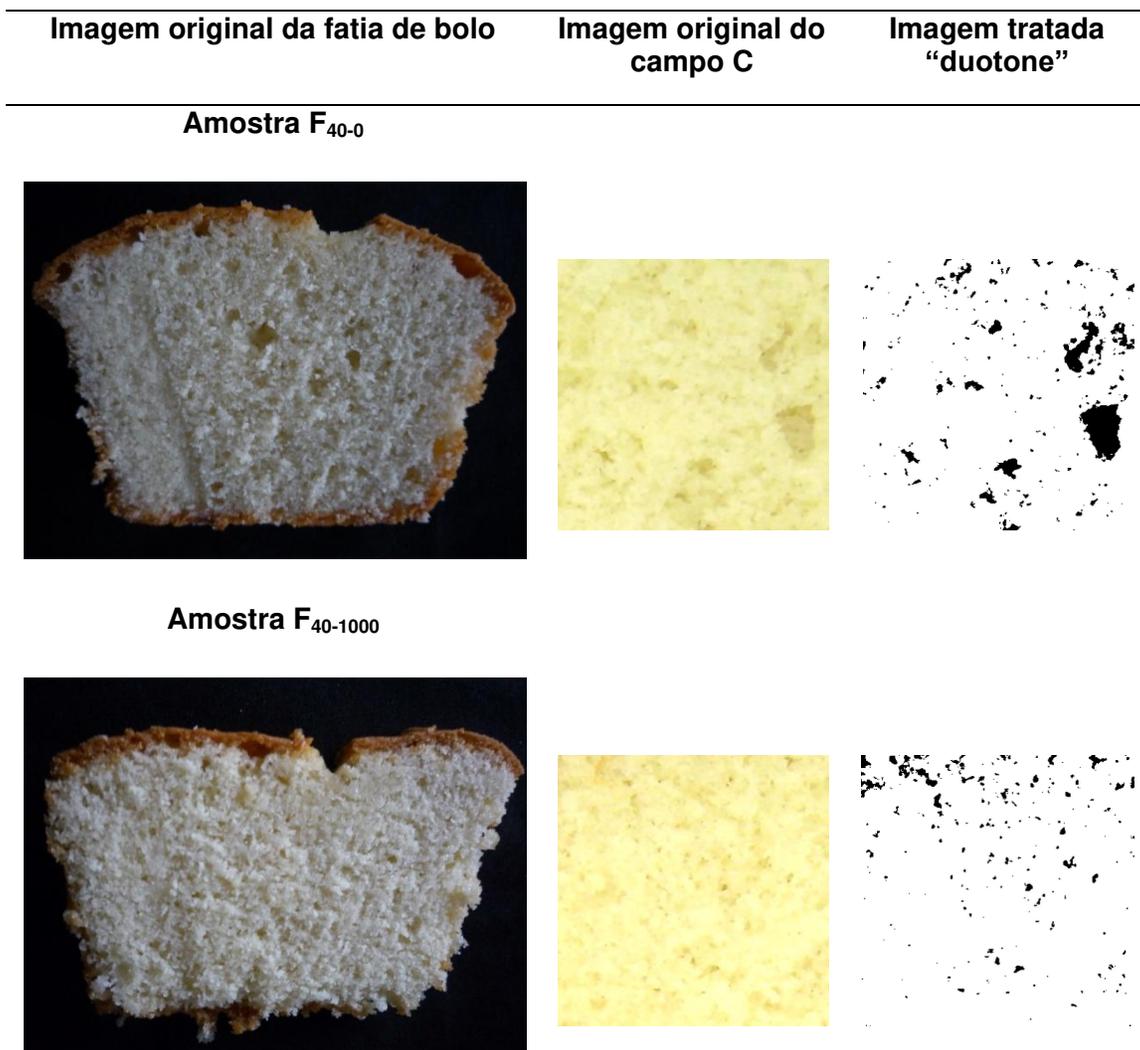
Na Figura 20, apresentam-se as imagens das amostras  $F_{20-0}$  e  $F_{20-1000}$ , com um dos campos selecionados para tratamento. As imagens em preto correspondem aos alvéolos característicos da amostra.

Imagem original da fatia de bolo	Imagem original do campo C	Imagem tratada "duotone"
<b>Amostra F<sub>20-0</sub></b>		
		
<b>Amostra F<sub>20-1000</sub></b>		
		

**Figura 20.** Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 20% de gordura, com 0 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

As imagens em preto nas figuras à direita correspondem aos alvéolos característicos da amostra. **F<sub>20-0</sub>**: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

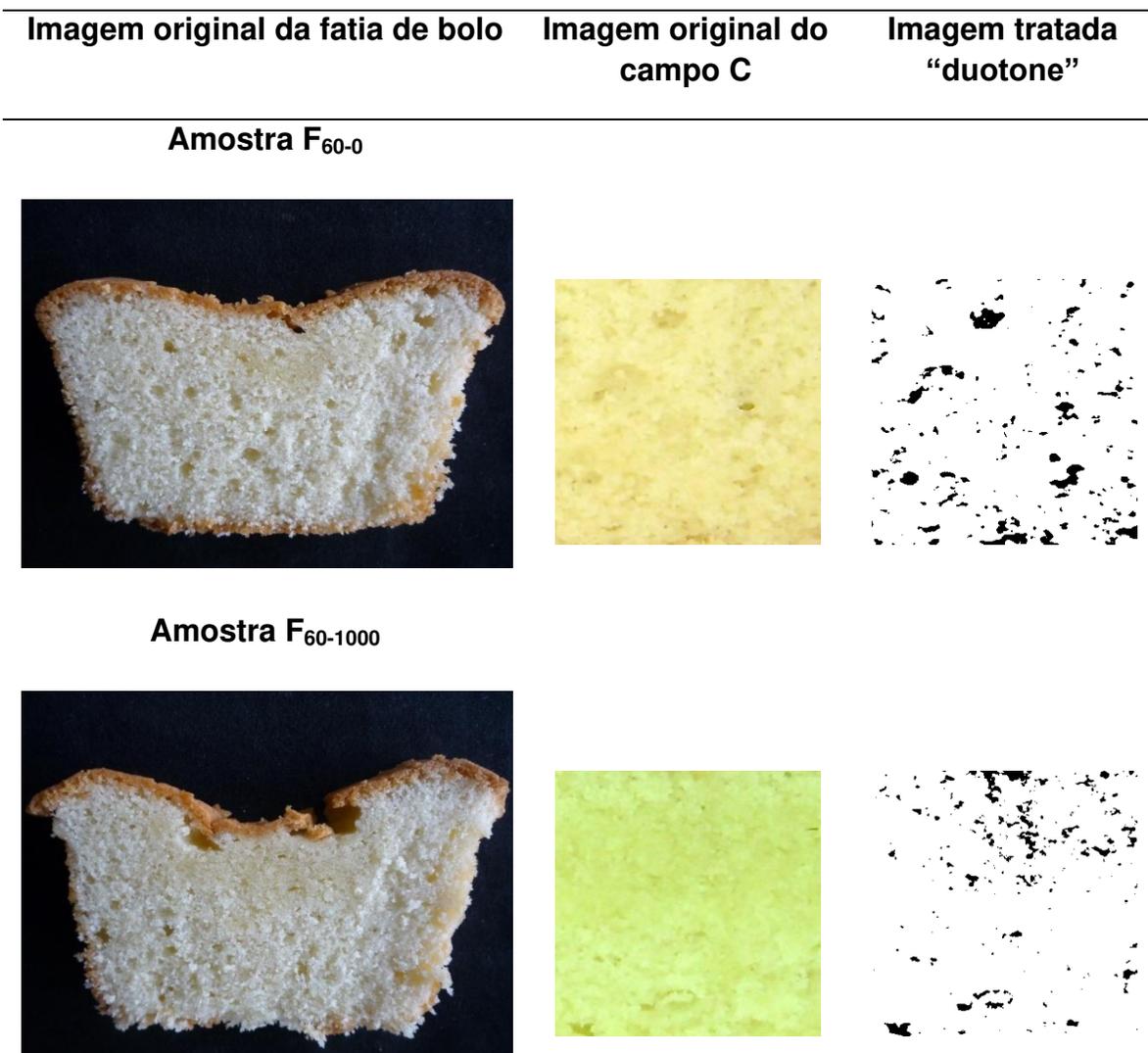
Na Figura 21, apresentam-se as imagens das amostras F<sub>40-0</sub> e F<sub>40-1000</sub>, com um dos campos selecionados para tratamento. As imagens em preto correspondem aos alvéolos característicos da amostra.



**Figura 21.** Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 40% de gordura, 0 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

As imagens em preto nas figuras à direita correspondem aos alvéolos característicos da amostra. **F<sub>40-0</sub>**: 40% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

Na Figura 22, apresentam-se as imagens das amostras F<sub>60-0</sub> e F<sub>60-1000</sub>, com um dos campos selecionados para tratamento. As imagens em preto correspondem aos alvéolos característicos da amostra.



**Figura 22.** Imagem das amostras do miolo dos bolos obtidos com 60% de gordura, 0 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

As imagens em preto nas figuras à direita correspondem aos alvéolos característicos da amostra. **F<sub>60-0</sub>**: 60% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

A diferença da estrutura do miolo entre as distintas amostras de bolo é consequência da formulação utilizada para sua elaboração. As massas elaboradas com as formulações com 20% de gordura contêm menor quantidade de açúcar e ovos, mas em compensação têm maior quantidade de

líquidos adicionais (e menor quantidade de sólidos, no balanço líquidos-sólidos) resultando em um miolo mais poroso, com maior quantidade de alvéolos. Talvez seja por isto que a amostra F<sub>20-0</sub> apresentou um dos valores mais altos de firmeza ao final dos 21 dias de estocagem. A presença destes alvéolos de grande tamanho provocou ressecamento do miolo e o aumento da firmeza foi mais rápido. No entanto, a ação da  $\alpha$ -amilase maltogênica, sobretudo na dosagem de 1000 ppm (amostra F<sub>20-1000</sub>), manteve a maciez do miolo durante os 21 dias de estocagem.

A elaboração de uma formulação de bolos a partir de 60% de gordura parece não ser tão vantajosa pelos resultados obtidos. Embora a gordura seja o ingrediente que aprisiona o ar dentro da massa, o excesso de açúcar e gordura enfraquece a estrutura até o colapso, produzindo o conhecido defeito “M” (BENNION; BAMFORD, 1997).

A porosidade tem influencia sobre a cor do miolo. Os valores de luminosidade (L\*) foram mais altos quando o miolo dos bolos apresentaram alvéolos menores possibilitando maior refletância de luz.

Era de se esperar que com a análise de imagem, a diferença de tamanho dos alvéolos tivesse sido mais clara, dado que como pode ser observado nas Figuras 20 a 22, o miolo dos bolos com 60% de gordura apresentou-se mais compacto do que nos bolos com 20% e 40% de gordura, o que teria influência sobre a cor do miolo. Na Tabela 19, observa-se que os valores de luminosidade (L\*) dos bolos com 60% de gordura tenderam a ser mais baixos devido à presença de poucos alvéolos, mas com dimensões semelhantes aos alvéolos dos bolos com 20% de gordura, possibilitando maior refletância de luz. Contudo, acredita-se que a análise de imagem em bolos, embora seja uma ferramenta útil, pode ter tido limitações desde que a identificação dos alvéolos não foi tão clara. Pode ser que em outro tipo de

amostra, como pães, seja mais perceptível o efeito da formulação, as etapas de fermentação, o método de preparo, sobre a modificação da estrutura alveolar.

### **5.5.3. Análise sensorial**

#### **a) Teste 1**

Com o objetivo de conhecer a aceitabilidade dos bolos adicionados com a enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica, escolheram-se para esta análise os bolos elaborados com 20, 40 e 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica (amostras F<sub>20-1000</sub>, F<sub>40-1000</sub> e F<sub>60-1000</sub>). A avaliação sensorial foi realizada sete dias depois do processamento, para verificar se as diferenças obtidas nas análises instrumentais (principalmente de textura), durante a estocagem, eram sensorialmente perceptíveis.

#### **◆ Teste de aceitação**

A Tabela 21 apresenta os resultados do teste de aceitabilidade dos bolos com diferentes concentrações de gordura adicionados de 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

**Tabela 21.** Médias de aceitação dos atributos sensoriais dos bolos com diferentes concentrações de gordura adicionados de 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

Amostra	Atributo*				
	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
<b>F<sub>20-1000</sub></b>	7,50 ± 1,09 <sup>a</sup>	7,32 ± 1,20 <sup>a</sup>	7,16 ± 1,11 <sup>a</sup>	7,22 ± 1,43 <sup>a</sup>	7,38 ± 0,90 <sup>a</sup>
<b>F<sub>40-1000</sub></b>	7,06 ± 1,43 <sup>a</sup>	7,20 ± 1,28 <sup>a</sup>	7,28 ± 1,34 <sup>a</sup>	7,62 ± 1,18 <sup>a</sup>	7,40 ± 1,03 <sup>a</sup>
<b>F<sub>60-1000</sub></b>	4,18 ± 2,16 <sup>b</sup>	7,02 ± 1,38 <sup>a</sup>	6,94 ± 1,28 <sup>a</sup>	5,96 ± 1,77 <sup>b</sup>	5,88 ± 1,47 <sup>b</sup>

**F<sub>20-1000</sub>**: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>40-1000</sub>**: 40% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; **F<sub>60-1000</sub>**: 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

\*Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados de aceitabilidade dos atributos aroma e sabor indicam que, em relação a estes atributos, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras avaliadas pelos consumidores. No entanto, em relação à aparência, textura e impressão global (influenciada pela avaliação da aparência e da textura), a amostra **F<sub>60-1000</sub>** teve notas inferiores às outras duas. Na Figura 22, observa-se que, mesmo que os bolos com 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica não apresentaram buracos definidos na estrutura do miolo, caracterizaram-se por ter uma textura compacta e grosseira. Estas mesmas observações foram feitas pelos provadores, que qualificaram este bolo como: “pegajoso”, “gomoso” e de “aparência crua”.

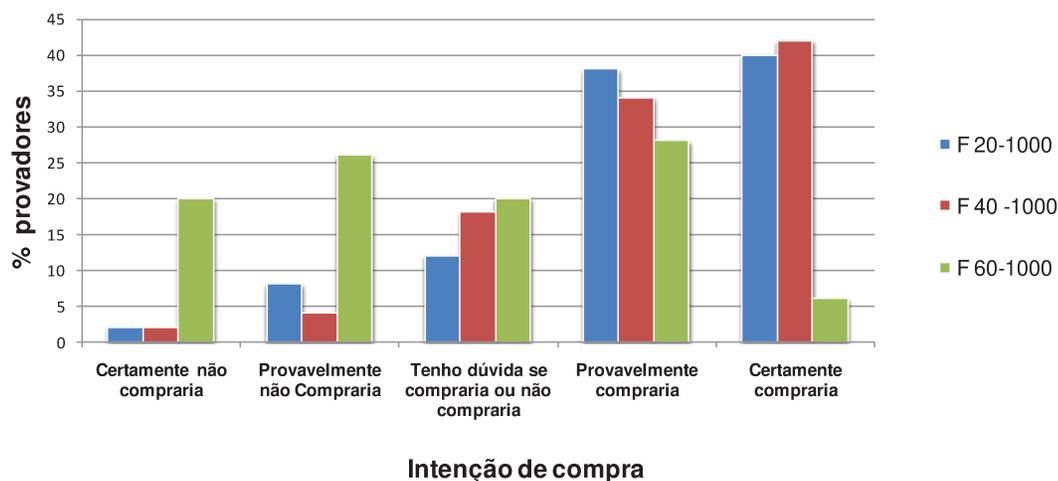
Estes dados estão também de acordo com o que foi observado na avaliação instrumental da textura (Tabela 18 e Figura 18c), onde aos 7 dias de

estocagem observa-se que não há diferença entre a firmeza dos bolos  $F_{20-1000}$  e  $F_{40-1000}$ , mas sim entre a firmeza destes dois e a dos bolos  $F_{60-1000}$ .

Becker-Almeida (2008) realizou um teste de aceitação de bolo tipo inglês, elaborado com uma gordura *low trans*, contendo óleos líquidos de algodão e óleo de palma totalmente hidrogenado. Os atributos avaliados foram: aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. De modo geral, foi possível observar que a textura foi muito importante na aceitação e preferência de bolos. Os resultados mostraram que a consistência, o volume e o sabor dos bolos preparados com as gorduras *low trans* foram os atributos menos apreciados pelos consumidores. As opiniões desfavoráveis foram relacionadas ao sabor e à textura, onde relataram-se sensações de sabor de farinha e pegajosidade na boca. No presente estudo, a amostra com 60% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica apresentou menor nota para a aceitação da aparência e da textura, o que confirma que a textura é um dos principais parâmetros de qualidade que determina a aceitação de bolos,

#### ◆ **Teste de intenção de compra**

A Figura 23 apresenta a intenção de compra dos provadores em relação às amostras avaliadas.



**Figura 23.** Intenção de compra dos bolos adicionados com 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

As respostas dos consumidores quanto à intenção de compra dos produtos foi distribuída da seguinte forma:

- “Certamente compraria” e “provavelmente compraria” (somados), indicando uma intenção de compra positiva: 78% (F<sub>20-1000</sub>), 76% (F<sub>40-1000</sub>) e 34% (F<sub>60-1000</sub>).
- “Tenho dúvida se compraria ou não compraria”: 12% (F<sub>20-1000</sub>), 18% (F<sub>40-1000</sub>) e 20% (F<sub>60-1000</sub>).
- “Certamente não compraria” e “provavelmente não compraria” (somados), indicando uma intenção de compra negativa: 10% (F<sub>20-1000</sub>), 6% (F<sub>40-1000</sub>) e 46% (F<sub>60-1000</sub>).

Assim, pode-se concluir que as amostras F<sub>20-1000</sub> e F<sub>40-1000</sub> tiveram uma aceitação positiva, enquanto a amostra F<sub>60-1000</sub> teve uma aceitação de neutra a negativa. Correlacionando estes resultados com as notas obtidas no teste de aceitabilidade, a amostra F<sub>60-1000</sub> teve características de sabor e aroma aceitáveis, mas não de textura, aparência e impressão global, o que afetou a intenção de compra. Já em relação às amostras com 20 e 40% de

gordura, com 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, a aceitabilidade foi boa e isso é refletido pela intenção de compra dos consumidores.

## **b) Teste 2**

Com o objetivo de determinar o efeito da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica sobre a qualidade dos bolos, escolheram-se para esta análise os bolos elaborados com 20% de gordura e 0, 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica (amostras  $F_{20-0}$ ,  $F_{20-500}$  e  $F_{20-1000}$ ). A avaliação sensorial foi realizada sete dias depois do processamento, para verificar se as diferenças obtidas nas análises instrumentais (principalmente de textura), durante a estocagem, eram sensorialmente perceptíveis.

### **◆ Teste de aceitação**

A Tabela 22 apresenta os resultados do teste de aceitação dos bolos com 20% de gordura adicionados de 0, 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

**Tabela 22.** Médias de aceitação dos atributos sensoriais dos bolos com 20% de gordura adicionados de 0, 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

Amostra	Atributo*				
	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
F <sub>20-0</sub>	6,58 ± 1,68 <sup>b</sup>	7,26 ± 1,23 <sup>a</sup>	7,12 ± 1,22 <sup>a</sup>	6,66 ± 1,52 <sup>b</sup>	7,00 ± 1,29 <sup>a</sup>
F <sub>20-500</sub>	6,52 ± 1,83 <sup>b</sup>	7,54 ± 1,11 <sup>a</sup>	7,12 ± 1,31 <sup>a</sup>	7,34 ± 1,14 <sup>a</sup>	7,10 ± 1,30 <sup>a</sup>
F <sub>20-1000</sub>	7,54 ± 1,26 <sup>a</sup>	7,36 ± 1,29 <sup>a</sup>	7,22 ± 1,27 <sup>a</sup>	7,50 ± 1,20 <sup>a</sup>	7,38 ± 1,12 <sup>a</sup>

F<sub>20-0</sub>: 20% de gordura e 0 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-500</sub>: 20% de gordura e 500 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica; F<sub>20-1000</sub>: 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.

\*Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

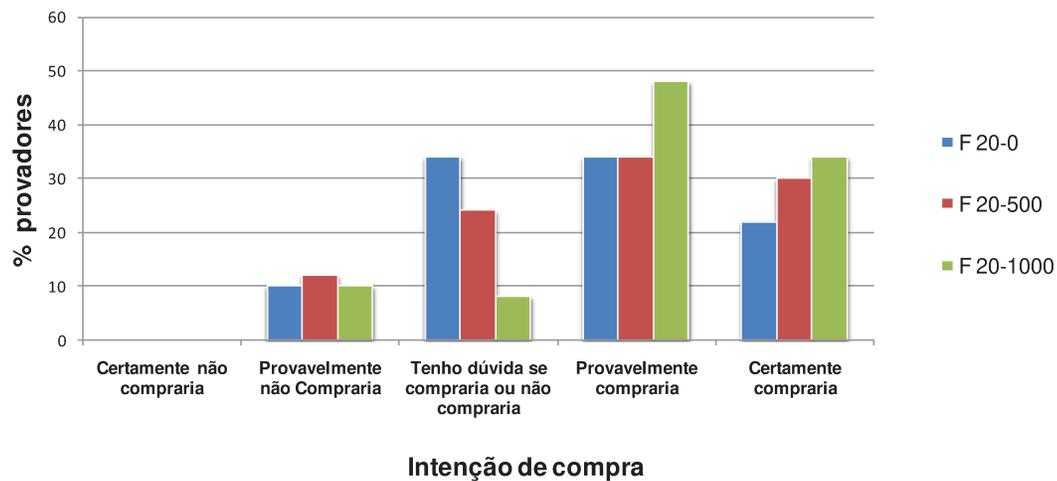
O resultado da aceitação dos atributos aroma e sabor indicam que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras avaliadas pelos consumidores, e embora não tenha sido encontrada diferença quanto à impressão global, a amostra F<sub>20-1000</sub> destacou-se positivamente com respeito à sua aparência. Essa apreciação está relacionada com os resultados de qualidade de bolos, onde a amostra F<sub>20-1000</sub> apresentou maior volume específico que F<sub>20-0</sub> e F<sub>20-500</sub>, e um bom formato, arredondado na superfície, como pode ser observado na Figura 20.

Em relação à aceitação do atributo textura, encontrou-se que a amostra F<sub>20-0</sub> teve menor nota que as outras duas amostras, o qual confirma os resultados de textura obtidos instrumentalmente (Tabela 18 e Figura 18), que mostraram que a adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica proporcionou maciez ao produto.

Bortolo (1998) realizou uma análise sensorial de aceitação de bolos produzidos com uma mistura de amido e goma xantana, comparando-os com um bolo padrão (com gordura). Foi concluído que o bolo com amido-goma teve boa aceitação, já que obteve avaliação igual ou superior ao bolo padrão. Na aparência, o bolo com amido-goma teve maior atribuição de notas de 7 a 8, ao passo que o bolo padrão teve notas entre 5 a 8. Com respeito à textura, a média obtida para o bolo com amido-goma foi de 6,63, e de 6,65 para o bolo padrão. No presente estudo, as médias obtidas para o atributo de aparência foram de 6,58 (amostra F<sub>20-0</sub>) e 7,74 (amostra F<sub>20-1000</sub>), e em relação à textura a média foi de 6,66 (amostra F<sub>20-0</sub>) e 7,50 (amostra F<sub>20-1000</sub>). Pelo exposto, pode-se dizer que os bolos elaborados com 20% de gordura e adicionados de 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica tiveram características de maciez semelhantes e até melhores que os obtidos com hidrocolóides.

#### ◆ Teste de intenção de compra

A Figura 24 apresenta a intenção de compra dos provadores em relação às amostras avaliadas.



**Figura 24.** Intenção de compra dos bolos com 20% de gordura adicionados de 0, 500 e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica

As respostas dos consumidores quanto à intenção de compra dos produtos foi distribuída da seguinte forma:

- “Certamente compraria” e “provavelmente compraria” (somados), indicando uma intenção de compra positiva: 56% ( $F_{20-0}$ ), 64% ( $F_{20-500}$ ) e 82% ( $F_{20-1000}$ ).
- “Tenho dúvida se compraria ou não compraria”: 34% ( $F_{20-0}$ ), 24% ( $F_{20-500}$ ) e 8% ( $F_{20-1000}$ ).
- “Certamente não compraria” e “provavelmente não compraria” (somados), indicando uma intenção de compra negativa: 10% ( $F_{20-0}$ ), 12% ( $F_{20-500}$ ) e 10% ( $F_{20-1000}$ ).

Assim, pode-se concluir que a aceitação positiva foi maior no caso das amostras adicionadas de  $\alpha$ -amilase maltogênica, destacando-se a amostra  $F_{20-1000}$ . Correlacionando estes resultados com as notas obtidas no teste de aceitabilidade, as amostras com 500 e 1000 ppm da enzima tiveram as mesmas características de aroma, sabor, textura e impressão global. No

entanto, com 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica houve uma nota maior quanto ao atributo aparência, e isso foi refletido na intenção de compra dos consumidores.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir:

### **Em relação ao efeito da enzima $\alpha$ -amilase maltogênica sobre as propriedades de pasta da farinha de trigo:**

- A adição de  $\alpha$ -amilase maltogênica à farinha de trigo provocou modificações nas propriedades de pasta. As viscosidades máxima, mínima e final diminuíram conforme aumentou-se a concentração da enzima de 0 para 500 e 1000 ppm. A redução da viscosidade máxima durante o aquecimento mostrou ter uma relação inversa com o volume específico final dos bolos, pois esta redução provavelmente permitiu o crescimento do bolo por mais tempo no forno.

### **Em relação à qualidade das massas:**

- Verificou-se que as amostras com menor porcentagem de gordura (20%) foram mais densas após a etapa de mistura (antes de serem colocadas no forno), e as amostras com maior quantidade de gordura (60%) tiveram, ao contrário, valores de densidade mais baixos, devido à maior incorporação de ar na massa. Não houve, entretanto, uma relação inversa entre a densidade aparente das massas e o volume específico dos bolos (como poderia se esperar), principalmente com a adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica.

### **Em relação à qualidade dos bolos:**

- O volume específico dos bolos foi influenciado pela concentração de gordura e pela adição da  $\alpha$ -amilase maltogênica. Em ausência da enzima, a concentração de 40% de gordura foi a mais favorável em relação a este parâmetro. Com a redução da quantidade de gordura a 20%, a adição de 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica permitiu obter bolos com volume específico superior.
- De forma geral, durante os 21 dias de estocagem, os bolos elaborados com 60% de gordura tiveram valores mais baixos de atividade de água ( $A_w$ ), devido, provavelmente, à presença de maior quantidade de açúcar. Com o balanceamento de ingredientes utilizado, conforme aumentou a quantidade de gordura na formulação, também aumentou a quantidade de açúcar e ovos, mas a quantidade de líquidos adicionais diminuiu. Os bolos com valor de  $A_w$  mais altos corresponderam à formulação com 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica.
- Os bolos com 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica perderam menos umidade durante os 21 dias de estocagem (apenas 12%), ao passo que os bolos com 40% de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica, nas concentrações de 500 e 1000 ppm, perderam em torno de 20 e 24% de umidade, respectivamente. Assim, a  $\alpha$ -amilase maltogênica teve um efeito positivo sobre a retenção da umidade nos bolos com 20% de gordura.
- A cor das amostras variou segundo a concentração de gordura na formulação. Em geral, os miolos dos bolos com 60% de gordura apresentaram menor luminosidade ( $L^*$ ) e maior tendência à tonalidade amarela ( $+b^*$ ) e os com 20% de gordura apresentaram maior luminosidade ( $L^*$ ).

- A concentração excessiva de gordura e açúcar na formulação dos bolos, independente da adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica, levou à obtenção de produtos com qualidade pouco desejável. Em geral, os bolos com 60% de gordura e 84,38% de açúcar apresentaram-se como bolos de aspecto desagradável (aparência crua, de textura gomosa), volume baixo e formato inadequado (falha “M”), com baixa umidade, alto grau de firmeza, e baixa aceitabilidade sensorial.
- Em geral, os alvéolos encontrados no miolo dos bolos tiveram dimensões alongadas, e encontrou-se maior número deles nos bolos elaborados com menor quantidade de gordura. Os parâmetros alveolares medidos (área, comprimento perimetral, diâmetros maior e menor) mostraram diferenças apenas entre os bolos com 40 e 60% de gordura, independente da adição da  $\alpha$ -amilase maltogênica. Os bolos com 60% de gordura apresentaram menor número de alvéolos e alvéolos mais abertos.
- As combinações de gordura e  $\alpha$ -amilase maltogênica que conservaram melhor a maciez durante os 21 dias de estocagem correspondem às formulações com uma relação gordura (%)/ $\alpha$ -amilase maltogênica (ppm) igual a 20/1000, 40/500, e 40/1000.
- De um modo geral, a formulação 20/1000 (com 20% de gordura e 1000 ppm de  $\alpha$ -amilase maltogênica, base farinha) foi a que apresentou melhores resultados (maior volume específico, menor perda de umidade, melhor textura, melhor avaliação sensorial, etc.), sendo uma alternativa benéfica do ponto de nutricional, pois a adição da enzima trouxe melhorias na qualidade, mantendo o nível de gordura em 20%.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. v. 1 e 2, 9<sup>a</sup> ed., St. Paul: Approved Methods Committee, 1995.
2. AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. v.1, 16<sup>a</sup> ed., Arlington: AOAC International, 1995.
3. ASSIS, L.M. **Efeitos da parbolização do arroz sobre características nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias com trigo e soja**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009. 76p.
4. ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R.; VARRIANO-MARSTON, E.; ZOBEL, H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods World**, v. 33, n. 3, p. 306 – 311, 1988.
5. ATWELL, W. **Wheat flour**. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 2001. 134p.
6. BAIK, M.Y.; CHINACHOTI, P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. **Cereal Chemistry**, v. 77, n. 4, p. 484 – 488, 2000.
7. BATTOCHIO, J.R. **Bolo de linhaça diet: desenvolvimento da formulação, determinação do perfil sensorial e estudos de consumidor**. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. 99p.
8. BEAN, M.M.; YAMAZAKI, W.T. Wheat starch gelatinization in sugar solutions I. Sucrose: microscopy and viscosity effects. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 6, p. 936 – 944, 1978
9. BECKER-ALMEIDA, D.F.S. **Desenvolvimento e aplicação de gorduras low trans em margarina e bolo tipo inglês**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. 171p.
10. BENASSI, V. de. T.; WATANABE, E.; LOBO, A.R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v.19, n. 129, p.222 – 242, jan/jun. 2001.

11. BENNION, E.B.; BAMFORD, G.S.T. **The technology of cake making**. 6<sup>a</sup> ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 421p.
12. BIJTTEBIER, A.; GOESAERT, H.; DELCOUR, J.A. Temperature impacts the multiple attack action of amylases. **Biomacromolecules**, v. 8, n. 3, p. 765 – 772, 2007.
13. BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.
14. BORGES, M.A. **Caracterização e estabilidade de pré-misturas para bolos à base de farinha de banana verde**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciência de Alimentos. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. 102p.
15. BORTOLO, V.F. **Utilização de amido de milho ceroso pré-gelatinizado e gomas xantana e guar como substituto de gordura em bolos**. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998. 138p.
16. BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2<sup>a</sup> ed. San Diego: Academic Press, 2002. 400p.
17. BOWLES, L.K. Amylolytic enzymes. In: HEBEDA, R.E.; ZOBEL, H.F. (Eds.). **Baked goods freshness**. New York: Marcel Dekker Inc., 1996. p. 105 – 129.
18. BRASIL – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 540, de 27/10/1997. **Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em nov. 2009.
19. BRASIL – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 348, de 02/12/2003. **Aprova de forma complementar ao Anexo da Resolução CNNPA nº 24 de 1976, a utilização de enzimas na indústria de alimentos**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em out. 2010.
20. BRASIL (a)– Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC Nº263, de 22/09/2005. **Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em out. 2010.
21. BRASIL (b). Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, 03/06/2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jun. 2005. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/noticias.asp?cod=28>>. Acesso em: 11 mai. 2011.

22. BRASIL – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 205, de 14/11/2006. **Aprova o Regulamento técnico sobre enzimas e preparações enzimáticas para uso na produção de alimentos destinados ao consumo humano.** Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em out. 2010.
23. BRUSANTIN, R.C.V. **Composição protéica e qualidade tecnológica de trigos desenvolvidos no Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. 115p.
24. CALDWELL, E.F.; DAHL, M.; FAST, R.B. Hot cereals. In: FAST, R.B.; CALDWELL, E.F. (Eds.). **Breakfast cereals.** Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1991. p. 243 – 272.
25. CARDOSO, I.B. **Tratamento térmico de misturas de farinha de trigo e de quinoa e sua aplicação em bolo tipo pão de ló.** Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2007. 109p.
26. CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Bakery food manufacture and quality: water control and effects.** Malden: Blackwell Science Ltd., 2000. 209p.
27. CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Baking problems solved.** Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2001. 280p.
28. CHRISTOPHERSEN, C.; OTZEN, D.E.; NORMAN, B.E., CHRISTENSEN, S.; SCHÄFER, T. Enzymatic characterisation of Novamyl: a thermostable  $\alpha$ -amylase. **Starch**, v. 50, n. 3, p. 39 – 45, 1998.
29. DELCOUR, J.A.; HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology.** 3<sup>a</sup> ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 2009. 280p.
30. DILEK, K.; ZEYNEP, H.; ALEV, B.; SINAN, K. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 953 – 964, 2007.
31. DONELSON, D.H.; WILSON, J.T. Effect of the relative quantity of flour fractions on cake quality. **Cereal Chemistry**, v. 37, n. 3, p. 241 – 262, 1960.
32. DONOVAN, J.W. Study of the baking process by differential scanning calorimetry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 571 – 578, 2006.

33. ELIASSON, A.C. Starch gelatinization in the presence of emulsifiers. A morphological study of wheat starch. **Starch**, v. 37, n. 12, p. 411 – 415, 1985.
34. ELIASSON, A.C. **Starch in food: structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 382p.
35. 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.
36. ESTELLER, M.S.; YOSHIMOTO, R. M.O.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 602 – 607, 2004.
37. 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.
38. ESTELLER, M.S.; JÚNIOR, O.Z.; LANNES, S.C.S. Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447 – 454, 2006.
39. EVERY, D.; ROSS, M. The role of dextrans in the stickiness of bread crumb made from pre-harvest sprouted wheat or flour containing exogenous alpha-amylase. **Journal of Cereal Science**, v. 23, p. 247 – 256, 1996.
40. FONTANA, A.J. **Water activity: why it is important for food safety**. In: Proceedings of the First NSF International Conference on Food Safety. Albuquerque, N. Mex., 1998. p. 177 – 185.
41. FOOD-INFO de Wageningen University. **Starch**. Disponível em: <<http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2011.
42. GAONKAR, A.G. **Ingredient interactions: effects on food quality**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. 585p.
43. GAONKAR, A.G.; MCPHERSON, A. Ingredient interactions: effects on food quality. In: MITOLO J. J. (Ed.). **Starch selection and interaction in foods**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2006. p. 140 – 164.
44. GHIASI, K.; HOSENEY, R.C.; VARRIANO-MARSTON, E. Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 4, p. 81 – 85, 1982.
45. GHOTRA, B.S.; DYAL, S.D.; NARINE, S.S. Lipid shortenings: a review. **Food Research International**, v. 35, n. 10, p. 1015 – 1048, 2002.

46. GOESAERT, H.; GEBRUERS, K.; COURTIN, C.M.; BRIJS, K.; DELCOUR, J.A. Enzymes in breadmaking. In: Hui, Y.H. (Ed.). **Bakery products: science and technology**. Blackwell Publishing, USA, 2006. p. 337 – 390.
47. GOESAERT, H.; LEMAN, P.; BIJTTEBIER, A.; DELCOUR, J.A. Antifirming effects of starch degrading enzymes in bread crumb. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 6, p. 2346 – 2355, 2009 a.
48. GOESAERT, H.; SLACE, L.; LEVINE, H.; DELCOUR, J. Amylases and bread firming: an integrated view. **Journal of Cereal Science**, v. 50, n. 3, p. 345 – 352, 2009 b.
49. GRANOTEC. **Bolos, a fatia do mercado que não para de crescer**. 2009. Disponível em: < [www.granolab.com.br](http://www.granolab.com.br)>. Acesso em: 15 out. 2009.
50. GRAY, J.A.; BEMILLER, J.N. Bread staling: molecular basis and control. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 1 – 21, 2003.
51. GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 469p.
52. GRUNDY, J.G. Preservatives. In: HEBEDA, R.E.; ZOBEL, H.F. **Baked goods freshness**. New York: Marcel Dekker Inc., 1996. p. 189 – 203.
53. GUARIENTI, E. Qualidade industrial de trigo. 2ª Ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 36p.
54. GUDMUNDSSON, M. Retrogradation of starch and the role of its components. **Termochimica Acta**, v. 246, n. 2, p. 329 – 341, 1994.
55. GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V.K.; CHAUHAN, B. Microbial  $\alpha$ -amylases: a biotechnological perspective. **Process Biochemistry**, v. 38, n. 11, p. 1599 – 1616, 2003.
56. GUTKOSKI, L.C.; TEIXEIRA, D.M.; DURIGON, A.; GANZER, A.G.; BERTOLIN, T.E.; COLLA, L.M. Influence of oat and fat levels in technological and functional characteristics of cakes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 254 – 261, 2009.
57. GUY, R.C.E.; PITHAWALA, H.R. Rheological studies of high ratio cake batters to investigate the mechanism of improvement of flours by chlorination or heat treatment. **Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 153 – 166, 1981.

58. GUY, R.C.E.; SAHI, S.S. Application of a lipase in cake manufacture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 11, p. 1679 – 1687, 2006.
59. HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. 2<sup>a</sup> ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 1998. 378p.
60. HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural properties of starch in bread and bread model systems: Influence of an antistaling  $\alpha$ -amylase. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 4, p. 421 – 428, 2001.
61. HUEBNER, F.R.; BIETZ, J.A.; NELSEN, T.; BAINS, G.S.; FINNEY, P.L. Soft wheat quality as related to protein composition. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 650 – 655, 1999.
62. INDRANI, D.; RAO, V.G. Functions of ingredients in the baking of sweet goods. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 32 – 45.
63. JAWORSKI, S. **Joy of baking: história do cozimento**. Disponível em: <<http://translate.joyofbaking.com/pt/History.html>>. Acesso em: 20 set. 2010.
64. KALÁB, M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MILLER, S.S. Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, n. 6, p. 177 – 186, 1995.
65. KAREL, M.; LUND, D.B. Water activity and food preservation. In: KAREL, M.; LUND, D.B. **Physical principles of food preservation**. USA: CRC Press, 2003. Não pag.
66. KASSAMA, L.S. **Pore development in food during deep-fat frying**. Tese de Doutorado. Department of Bioresource Engineering. Macdonald Campus of McGill University, Quebec, Canada, 2003. 266p.
67. KHALIL, A. H. The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of lowfat cake. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 52, n. 4, p. 299 – 313, 1998.
68. KIM, S.S.; SETSER, C.S. Wheat starch gelatinization in the presence of polydextrose or hydrolyzed barley  $\beta$ -glucan. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 4, p. 447 – 451, 1992.
69. KIM, C.S.; WALKER, C.E. Interactions between starches, sugars, and emulsifiers in high-ratio cake model systems. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 206 – 212, 1992.

70. KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar and fat-replacer. **Journal Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 953 – 964, 2007.
71. KÖKSEL, H.; GÖKMEN, V. Chemical reactions in the processing of soft wheat products. In: SUMNU, S. G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 49 – 76.
72. KRAGH, K.M. Amylases in baking. In: COURTIN, C.M.; VERAVERBEKE, W.S.; DELCOUR, J.A. (Eds.). **Recent advances in enzymes in grain processing**. Leuven: Laboratory of Food Chemistry, 2002. p. 221 – 226.
73. KULP, K; LOEWE, R. **Batters and breadings in food processing**. 3<sup>a</sup> ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 1996. 276p.
74. LAGRAIN, B.; LEMAN, P.; GOESAERT, H.; DELCOUR, J.A. Impact of thermostable amylases during bread making on wheat bread crumb structure and texture. **Food Research International**, v. 41, p. 819 – 827, 2008.
75. LAI, H.M.; LIN, T.C. Bakery products: science and technology. In: Hui, Y.H. (Ed.) **Bakery products: science and technology**. Blackwell Publishing, USA, 2006. p. 3 – 65.
76. LAMPILA, L.E.; GODBER, J.P. Food phosphates. In: THORNGATE, I.; SALMINEN, S.; BRANEN, L.A.; DAVIDSON, M.P. (Eds.). **Food additives**. New York: Marcel Dekker, CRC Press, 2001. Não pag.
77. LARSSON, K. Inhibition of starch gelatinization by amylose-lipid complex-formation. **Starch**, v. 32, n. 4, p. 125 – 126, 1980.
78. LEE, M.R.; SWANSON, B.G.; BAIK, B.K. Influence of amylase content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. **Cereal Chemistry**, v. 78, n.6, p. 701 – 706, 2001.
79. LEMAN, P.; GOESAERT, H.; VANDEPUTTE, G.E.; LAGRAIN, B.; DELCOUR, J.A. Maltogenic amylase has a non-typical impact on the molecular and rheological properties of starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, p. 205 – 213, 2005.
80. MANLEY, D. Wheat flour and other cereals. In: MANLEY, D. **Ingredients**. England: Woodhead Publishing Ltd, 1998. 82p.
81. MATHEWSON, P.R. Enzymatic activity during bread baking. **Cereal Food World**, v. 45, n. 3, p. 98 – 101, 2000.

82. MATZ, S.A. Ingredients from milk and eggs. In: MATZ, S.A. (Ed.) **Bakery technology and engineering**. 3<sup>a</sup> ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. p. 151 – 177.
83. MILES, M.J.; MORRIS, V.J.; ORFORD, P.D.; RING, S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research**, v. 135, n. 2, p. 271 – 281, 1985.
84. MIZUKOSHI, M.; KAWADA, T.; MATSUI, N. Model studies of cake baking. I. Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking. **Cereal Chemistry**, v. 56, n.4, p. 305 – 309, 1979.
85. MIZUKOSHI, M.; MAEDA, H.; AMANO, H. Model studies of cake baking. II. Expansion and heat set of cake batter during baking. **Cereal Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 352 – 355, 1980.
86. MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S.H.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634 – 640, 2004.
87. MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal  $\alpha$ -amylase: an overview. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 2, p. 1 – 11, 2005.
88. NATIONAL STARCH. Amidos: nativos, modificados e funcionais. **Aditivos e Ingredientes**, n. 11, p. 54 – 66, 2000.
89. NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 3**: instructions manual. Warriewood, 1998. 123p.
90. NGO, W.H.; TARANTO, M.V. Effect of sucrose level on the rheological properties of cake batters. **Cereal Foods World**, v. 31, n. 4, p. 317 – 322, 1986.
91. PAINTER, K.A. Functions and requirements of fats and emulsifiers in prepared cake mixes. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 58, n. 2, p. 92 – 95, 1981.
92. PARKER, R.; RING, S.G. Macromolecular aspects of bread staling. In: CHINACHOTI, P.; VODOVOTZ, Y. (Eds.). **Bread staling**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 177p.
93. PONGSAWATMANITA, R.; THANASUKARNA, P.; LKEDAB, S. Effect of sucrose on RVA viscosity parameters, water activity and freezable water fraction of cassava starch suspensions. **Science Asia**, v. 28, n. 2, p. 129 – 134, 2002.

94. PREJEAN, W. **Baking and baking science**. Disponível em: <<http://www.bakingandbakingscience.com/Cakes.htm>>. Acesso em: 5 mai. 2009.
95. PYLER, E.J. Bakery shortenings. In: PYLER, E.J. (Ed.) **Baking Science and Technology**, Kansas City: Sosland Publishing Co., 1973. vol 1. p. 223 – 285.
96. QUEJI, M.F.D.; SCHEMIN, M.H.C.; FERREIRA, J.L. Rheological properties of wheat flour pasta after the addition of alpha-amylase. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 12, n. 2, p. 21 – 29, 2006.
97. QUEVEDO, R.; CARLOS L.G.; AGUILERA, J.M.; CADOCHÉ, L. Description of food surfaces and microstructural changes using fractal image texture analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 53, n. 4, p. 361 – 371, 2002.
98. RAVI, R.; MANOHAR, S.; RAO, H. Use of Rapid Visco Analyser (RVA) for measuring the pasting characteristics of wheat flour as influenced by additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 12, p. 157 – 1576, 1999.
99. RING, S.G.; MILES, M.J.; MORRIS, V.J.; TURNER, R.; COLONNA, P. Spherulitic crystallization of short chain amylose. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 9, n. 3, p. 158 – 160, 1987.
100. RONDA, F.; GÓMEZ, M.; CABALLERO, P.A.; OLIETE, B.; BLANCO, C.A. Improvement of quality of gluten-free layer cakes. **Food Science and Technology International**, v. 15, n. 2, p. 193 – 202, 2009.
101. ROSENTHAL, A.J. **Food texture: measurement and perception**. London: Chapman & Hall, 1999. 311p.
102. ROSSETTI. **Farinha de trigo**. 1999. Disponível em: <<http://www.Rossetti.et.br/discourse/detalhe.asp?vine=6evfim=6evcodigo=2149>>. Acesso em: 5 set. 2010.
103. SABLANI, S.S. Gelatinization of starch. In: RAHMAN, M.S. (Ed.). **Food properties handbook**. 2<sup>a</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 287 – 314.
104. SAHI, S.S.; ALAVA, J.M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 14, p. 1419 – 1429, 2003.
105. SAHI, S.S. Cake emulsions. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 81 – 98.

106. SAHIN, S. Cake batter rheology. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 99 – 117.
107. SAKIYAN, O.; SUMNU, G.; SAHIN, S.; BAYRAM, G. Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. **European Food Research and Technology**, v. 219, n. 6, p. 635 – 638, 2004.
108. SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide statistics. Versão 9.2. Cary: SAS Institute, 2008.
109. SBRT - SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Bolo Inglês. REDETEC, 2008**. Disponível em: <[www.respostatecnica.org.br](http://www.respostatecnica.org.br)>. Acesso em: 20 set. 2010.
110. SCHIRALDI, A.; FESSAS, D. Mechanism of staling: an overview. In: CHINACHOTI, P.; VODOVOTZ, Y. (Eds). **Bread staling**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001, p. 1 – 19.
111. SEETHARAMAN, K.; CHINNAPHAT, N.; WANISKA, R.D.; WHITE, P. Changes in textural, pasting and thermal properties of wheat buns and tortillas during storage. **Journal of Cereal Science**, v. 35, n. 2, p. 215 – 223, 2002.
112. SEYHUN, N.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Effects of different starch types on retardation of staling of microwave-baked cakes. **Food and bioproducts processing**, v. 83, n. c1, p. 1–5, 2005.
113. SHAFIUR, M.; LABUZA, T.P. Water activity and food preservation. In: RAHMAN, S.M. (Ed.). **Handbook of food preservation**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 447 – 471.
114. SHELKE, K.; FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C. The dynamics of cake baking as studied by a combination of viscometry and electrical resistance oven heating. **Cereal Chemistry**, v. 67, n.6, p. 575 – 580, 1990.
115. SLADE, L.; LEVINE, H. Recent advances in starch retrogradation. In: STILVA, S.S.; CRESCEUZI, V.; DEA, I.C.M. (Eds). **Industrial polysaccharides**. New York: Gordon & Breach, 1987. p. 387 – 430.
116. SLUIMER, P. Basic ingredients. In: SLUIMER, P. (Ed.) **Principles of breadmaking** functionality of raw materials and process steps. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. p. 17 – 47

117. SOFTONIC INTERNATIONAL 2010. S.L. © 1997-2011. **Freeware programs**. Disponível em: <<http://photofiltre.en.softonic.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2010.
118. SPIES, R.D.; HOSENEY, R.C. Effect of sugars on starch gelatinization. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 2, p. 128 – 131, 1982.
119. STATISTICA for Windows – Release 7.0. **StatSoft, Inc.** Tulsa, OK, USA, 2004. Disponível em: <[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)>. Acesso em: 2010.
120. STAUFFER, C.E. Emulsifiers as anti-staling agents. **Cereal Foods World**, v. 45, n. 3, p. 106 – 110, 2000.
121. SUMNU, G.; NDIFE M.K.; BAYINDIRH L. Effects of sugar, protein and water content on wheat starch gelatinization due to microwave heating. **European Food Research and Technology**, v. 209, n. 1, p. 68 – 71, 1999.
122. TANHEHCO, E.J.; PERRY, K.W. Soft wheat quality. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 2 – 24.
123. THOMAS, H. D.; ATWELL, W.A. In: **Starches**: Practical guide for the food industry, Egan Press Handbook Series. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 1999. 94 p.
124. TIREKI, S. Technology of cake production. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 149 – 158.
125. VANDEPUTTE, G.E.; VERMEYLEN, R.; GEEROMS, J.; DELCOUR, J.A. Rice starches. III. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 1, p. 61 – 68, 2003.
126. VAN DER MAAREL, M.J.E.C.; VAN DER VEEN, B.; UITDEHAAG, J.C.M.; LEEMHUI, H.; DIJKHUIZEN, L. Properties and applications of starch-converting enzymes of the  $\alpha$ -amylase family. **Journal of Biotechnology**, v. 94, n. 2, p. 137 – 155, 2002.
127. VAN EIJK, J.H. Retarding the firming of bread crumb during storage. Patente nº US5023094. 1991.
128. WHITCOMB, D.C.; LOWE, M.E. Human pancreatic digestive enzymes. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 52, n. 1, p. 1 – 17, 2007.

129. WILDERJANS, E.; PAREYT, B.; GOESAERT, H.; BRIJS, K.; DELCOUR, J.A. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. **Food Chemistry**, v. 110, n. 4, p. 909 – 915, 2008.
130. WILDERJANS, E.; LUYTS, A.; GOESAERT, H.; BRIJS, K.; DELCOUR, J.A. A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, p. 44 – 51, 2010.
131. WILKINSON, C.; DIJKSTERHUIS, G.B.; MINEKUS, M. From food structure to texture. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, n.12, p. 442 – 450, 2000.
132. WÜRSCH, P.; GUMY, D. Inhibition of amylopectin retrogradation by partial beta-amylolysis. **Carbohydrate Research**, v. 256, n. 1, p. 129 – 137, 1994.
133. ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R.C.; MONTENEGRO, F.M.; RAUEN-MIGUEL, A.M. Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 63 – 71, 2005.
134. ZHOU, W.; THERDTHAI, N. Heat and mass transfer during baking of sweet goods. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 173 – 188.
135. Zobel, H. F.; Kulp, K. The staling mechanism. In Hebeda, R. E.; Zobel H. F. (Eds.). **Baked goods freshness: Technology, evaluation and inhibition of staling**. New York: Marcel Dekker Inc., 1996. p. 1 – 64.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa com seres humanos

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA COM SERES HUMANOS

**Título da pesquisa:** Estudo do efeito das concentrações da  $\alpha$ -amilase maltogênica, açúcar e gordura na qualidade tecnológica e sensorial de bolos.

**Responsável pela pesquisa:** Noelia Soledad Bedoya Perales

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da avaliação sensorial de bolo.

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:** Será realizada a análise sensorial com o objetivo de determinar o efeito da adição da enzima  $\alpha$ -amilase maltogênica na formulação de bolo, variando os teores da enzima, gordura e açúcar, sobre a qualidade dos bolos, com a avaliação de um público consumidor deste produto.

**PROCEDIMENTO:** O provador terá, durante a execução do projeto, toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada, bem como poderá deixar de participar a qualquer tempo, sem prejuízos. A equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa, a menos que o provador tenha alergia a alguns dos ingredientes do bolo, como o glúten, por exemplo, deverá ser informado previamente à equipe responsável pela pesquisa. Além disso, a equipe assegura que os dados de identidade fornecidos são sigilosos.

Eu,.....,RG nº ..... declaro que li as informações contidas neste documento, fui devidamente informado(a) pelos pesquisadores dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios dos participantes e confidencialidade da pesquisa. Concordo ainda em participar da pesquisa. Foi garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade.

\_\_\_\_\_

Assinatura do Participante

Nome:

Data:

\_\_\_\_\_

Assinatura da Pesquisadora Responsável

Nome:

Data:

#### Contatos

##### *Pesquisadores:*

Noelia Soledad Bedoya Perales      fone: (19) 9391-6337      e-mail: [noelia@fea.unicamp.br](mailto:noelia@fea.unicamp.br)

Caroline Joy Steel      fone: (19) 3521-3999      e-mail: [cjsteel@yahoo.com](mailto:cjsteel@yahoo.com)

*Comitê de Ética em Pesquisa*      fone: (19) 3521-8936      e-mail: [cep@fcm.unicamp.br](mailto:cep@fcm.unicamp.br)

Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126 - Caixa Postal 6111 CEP: 13083-887 Campinas – SP. Fax (019) 3521-7187

## ANEXO 1. Questionário de Recrutamento de Provedores

### Questionário de Recrutamento de Provedores

1. Nome: \_\_\_\_\_

2. Idade: \_\_\_\_\_

3. Sexo:       feminino               masculino

4. Você costuma consumir bolo pronto?  
 sim                       não

5. Com que frequência você costuma consumir bolo pronto?

- todos os dias
- uma vez por semana
- a cada quinze dias
- uma vez por mês
- menos de vez por mês

6. Quais os fatores que determinam sua escolha na hora de comprar este produto?  
Enumere as opções em ordem de importância, sendo 1 o fator mais importante.

- preço
- marca
- sabor
- valor calórico
- outro. Qual? \_\_\_\_\_

9. Você é alérgico a algum tipo de alimento?  
 sim                       não

10. Se você respondeu sim à pergunta anterior, qual(is)?

\_\_\_\_\_

### ANEXO 3. Ficha de análise sensorial dos bolos

#### AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BOLO

Nome: .....

Data: .....

Idade: .....

E-mail: .....

Você está recebendo três amostras codificadas de BOLO. Deguste uma por vez. Beba água entre a degustação de uma amostra e outra. Coloque a nota para cada característica de cada amostra de acordo com a escala ao lado.

Características Sensoriais	Amostra Nº -----	Amostra Nº -----	Amostra Nº -----
Aparência			
Aroma			
Sabor			
Textura			
Impressão global			

#### Escala

1. Desgostei MUITÍSSIMO
2. Desgostei Muito
3. Desgostei Moderadamente
4. Desgostei Ligeiramente
5. Nem gostei, Nem desgostei
6. Gostei Ligeiramente
7. Gostei Moderadamente
8. Gostei Muito
9. Gostei MUITÍSSIMO

Com base na sua opinião sobre estas amostras, indique, utilizando a escala abaixo, sua atitude, se você encontrasse cada uma das amostras à venda.

Se eu encontrasse este produto à venda eu:

Código da amostra	Nota Valor

#### Escala

1. Certamente não compraria
2. Provavelmente não compraria
3. Tenho dúvida se compraria ou não
4. Provavelmente compraria
5. Certamente compraria

#### Comentário

--

**Obrigada!**

## ANEXO 3. Carta de aprovação de análise sensorial pelo Comitê de Ética em Pesquisa



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

[www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html](http://www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html)

CEP, 13/05/10  
(Grupo III)

PARECER CEP: N° 292/2010 (Este n° deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)  
CAAE: 0221.0.146.000-10

### I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "ESTUDO DO EFEITO DAS CONCENTRAÇÕES DA  $\pm$ -AMILASE MALTOGÊNICA, AÇÚCAR E GORDURA NA QUALIDADE TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE BOLOS".

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Noelia Soledad Bedoya Perales

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 12/04/2010

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 13/05/11 (O formulário encontra-se no *site* acima)

### II - OBJETIVOS

Determinar o efeito da adição da enzima alfa-amilase maltogênica na formulação de bolo, variando os teores de enzima, açúcar e gordura, sobre a qualidade do produto.

### III - SUMÁRIO

Serão empregados 30 voluntários que avaliarão a qualidade sensorial de bolos preparados com diferentes formulações. Os critérios de inclusão/exclusão são claros e adequados bem como as metodologias a serem empregadas.

### IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Após respostas às pendências, o projeto encontra-se adequadamente redigido e de acordo com a Resolução CNS/MS 196/96 e suas complementares, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.



## VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

## VII- DATA DA REUNIÃO

Homologado na IV Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 27 de abril de 2010.

  
**Prof. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo**  
VICE-PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
FCM / UNICAMP