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

**FABRICAÇÃO DE PÃES COM REDUZIDO TEOR CALÓRICO
E MODIFICAÇÕES REOLÓGICAS OCORRIDAS DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

Mauricio Sergio Esteller

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Prof^a Dr^a Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2004

Mauricio Sergio Esteller

Fabricação de Pães com Reduzido Teor Calórico
e Modificações Reológicas Ocorridas Durante o
Armazenamento

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes
Orientador/Presidente

Prof. Dr. Jose Alfredo Gomes Arêas
1º Examinador

Prof. Dr. Luiz Antonio Gioielli
2º Examinador

São Paulo, 14 de maio de 2004

Para
Roseles e Nadja

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof^a Dr^a Suzana Caetano da Silva Lannes pela dedicação, amizade e paciência.

Ao Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica pela amizade incondicional.

Ao amigo Chiu Chih Ming pela colaboração sem limites.

À Rosa Maria de Oliveira Yoshimoto, Renata Lira Amaral e Ana Carolina Orlandi pela valiosa ajuda na preparação dos ensaios e execução das análises.

Ao amigo Sergio de Freitas Spínola da Kim Neto Ind. Com. de Panificação Ltda. pela valiosa colaboração na utilização dos equipamentos de produção.

Às empresas Companhia Leco de Produtos Alimentícios, Danisco Cultor Brasil Ltda, Getec Guanabara Química Industrial S/A, M. Cassab Com. Ind. Ltda. e Tovani Benzaquen Rep. Ltda., pelo fornecimento dos ingredientes.

A todos aqueles que incentivaram esta caminhada.

SUMÁRIO	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE QUADROS E TABELAS	III
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	IV
1. Introdução	1
1.1. Definição	2
1.2. História do Pão	2
1.3. Ingredientes para Panificação	4
1.4. Equipamentos para Panificação	32
1.5. Tipos de Pães	35
1.6. Mercado	36
1.7. O Pão como Alimento Funcional	38
1.8. Referências Bibliográficas	41
2. Substituição de Açúcares em Pães para Hambúrguer	53
2.1. Introdução	55
2.2. Material e Métodos	61
2.3. Resultados e Discussão	66
2.4. Conclusões	83
2.5. Referências Bibliográficas	84
3. Análise do Perfil de Textura em Pão tipo Hambúrguer com Substituição de Açúcar e Gordura	91
3.1. Introdução	92
3.2. Material e Métodos	98
3.3. Resultados e Discussão	102
3.4. Conclusões	122
3.5. Referências Bibliográficas	122

4.Alterações Ocorridas em Pão tipo Hambúrguer com Substituição de Açúcar e Gordura – Análise por Superfície de Resposta	135
4.1.Introdução	137
4.2. Material e Métodos	144
4.3. Resultados e Discussão	153
4.4. Conclusões	192
4.5. Referências Bibliográficas	193
Anexo I	202
Anexo II	208
Anexo III	221
Anexo IV	222

LISTA DE FIGURAS

Página

1. Introdução

Figura 1. A origem do pão remonta ao antigo Egito	2
Figura 2. Representação do grão de trigo	4
Figura 3. Leveduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	6
Figura 4. Principais equipamentos para produção de pães	33
Figura 5. Distribuição das padarias no Brasil	36

2. Substituição de Açúcares em Pães para Hambúrguer

Figura 1. Fluxograma utilizado no teste de panificação	62
Figura 2. Ficha de Avaliação Sensorial	64
Figura 3. Representação gráfica tridimensional (Sacarose)	72
Figura 4. Representação gráfica tridimensional (Mel)	72
Figura 5. Representação gráfica tridimensional (Frutose + Sacarose)	73
Figura 6. Representação gráfica tridimensional (Xarope de Frutose)	73
Figura 7. Representação gráfica tridimensional (Frutose Cristalina)	74
Figura 8. Representação gráfica tridimensional (Dextrose)	74
Figura 9. Representação gráfica tridimensional (Açúcar Invertido)	75
Figura 10. Porcentagem de respostas x valores hedônicos Sabor	77
Figura 11. Porcentagem de respostas x valores hedônicos Maciez	78
Figura 12. Porcentagem de respostas x valores hedônicos Aspecto Geral	78
Figura 13. Avaliação do Volume	80
Figura 14. Presença de fungos nas amostras durante estocagem	82

3. Análise Perfil de Textura em Pão Hambúrguer com Subst. Açúcar Gordura

Figura 1. Solução aquosa de Polidextrose	95
Figura 2. Benefat (Salatrim)	96
Figura 3. Representação gráfica parâmetros textura texturômetro TAX-T2	97
Figura 4. Fluxograma utilizado para o teste de panificação	100

Figura 5. Gráficos Dureza x tempo de armazenamento todas formulações	103
Figura 6. Variação nos valores de Dureza entre formulações 1º e 10º dias	104
Figura 7. Gráficos Coesividade x tempo armazenamento das formulações	109
Figura 8. Variação valores Coesividade entre formulações 1º e 10º dias	110
Figura 9. Gráficos Elasticidade x tempo armazenamento das formulações	112
Figura 10. Variação valores Elasticidade entre formulações 1º e 10º dias	113
Figura 11 Gráficos Mastigabilidade x tempo armazenamento formulações	115
Figura 12. Variação valores Mastigabilidade formulações 1º e 10º dias	114
Figura 13. Gráficos Adesividade x tempo armazenamento das formulações	116
Figura 14. Variação valores Adesividade formulações 1º e 10º dias	118
Figura 15. Média das respostas Preferência entre Padrão e Polidextrose	119
Figura 16. Gráfico Dureza formulação 7 no 9º dia armazenamento	121
Figura 17. Texturômetro TA-XT	121

4. Alterações Ocorridas em Pão tipo Hambúrguer com Substituição de Açúcar e Gordura – Análise por Superfície de Resposta

Figura 1. Sistema Hunter L,a,b	139
Figura 2. Espectrofotômetro HunterLab UltraScanXE	140
Figura 3. Variação no tamanho dos alvéolos do miolo	142
Figura 4. Batedeira planetária e forno elétrico	146
Figura 5. Fluxograma utilizado para o teste de panificação	147
Figura 6. Imagens de todas as amostras	159
Figura 7. Valores Previstos x Observados Dureza	171
Figura 8. Superfície de Resposta Dureza	172
Figura 9. Projeção plana superfície Dureza	172
Figura 10. Valores Previstos x Observados Volume	174
Figura 11. Superfície de Resposta Volume	175
Figura 12. Projeção plana superfície Volume	175
Figura 13. Valores Previstos x Observados Umidade	178
Figura 14. Superfície de Resposta Umidade	180

Figura 15. Projeção plana superfície Umidade	180
Figura 16. Valores Previstos x Observados Cor	181
Figura 17. Superfície de Resposta Cor	183
Figura 18. Projeção plana superfície Cor	184
Figura 19. Valores Previstos x Observados Valor Calórico	186
Figura 20. Superfície de Resposta Valor Calórico	188
Figura 21. Projeção plana superfície Valor Calórico	188
Figura 22. Sobreposição de Superfícies (Otimização)	190

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Página

1. Introdução.

Quadro 1. Valor energético dos polióis	10
Quadro 2. Comparação do poder dulçor	13
Quadro 3. Tipos de Padaria no Brasil	37

2. Substituição de Açúcares em Pães para Hambúrguer

Quadro 1. Açúcares utilizados em panificação	57
Tabela 1. Formulações utilizadas para o teste experimental de panificação	62
Tabela 2. Valores de Dureza durante o armazenamento todas as amostras	70
Tabela 3. Valores de Umidade durante o armazenamento todas amostras	71
Tabela 4. Valores de Volume para todas as formulações	79
Tabela 5. Vida de prateleira das amostras	81

3. Análise Perfil Textura Pão tipo Hambúrguer com Substituição Açúcar e Gordura

Quadro 1. Definições e técnicas sensoriais	98
Tabela 1. Formulações utilizadas para o teste experimental de panificação	100
Tabela 2. Médias e desvios para Dureza e Coesividade	105
Tabela 3. Médias e desvios Elasticidade, Mastigabilidade e Adesividade	118
Tabela 4. Perfil de Textura (TPA) de pão de hambúrguer comercial	120

4. Alterações Ocorridas em Pão Hambúrguer com Substituição de Açúcar e Gordura – Análise por Superfície de Resposta.

Quadro 1. Umidade em trigo e derivados	141
Tabela 1. Planejamento Experimental	145
Tabela 2. Formulações utilizadas para o preparo das amostras	147
Tabela 3. Análise da Composição Centesimal	154
Tabela 4. Valores L^* , a^* , b^* , ΔE e desvios todas as formulações	158
Tabela 5. Valores L^* , a^* , b^* pão de hambúrguer (marcas locais)	159
Tabela 6. Planejamento Experimental e respectivas respostas	163
Tabela 7. Coeficientes de Regressão e Determinação (R^2)	164
Tabela 8. Análise de Variância Dureza	169
Tabela 9. Análise de Variância Volume	171
Tabela 10. Análise de Variância Umidade	179
Tabela 11. Análise de Variância Cor	182
Tabela 12. Análise de Variância Valor Calórico	187
Tabela 13. Formulações x Custo	191

LISTA DE SIGLAS

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação

ABIP – Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

IFT – Institute of Food Technologists

LISTA DE SÍMBOLOS

kcal/g	quilocalorias por grama	gf	grama-força
cm ³	centímetro cúbico	gf.s ⁻¹	grama-força por segundo
kJ/g	quilojoule por grama	US\$/kg	dólar por quilograma

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Definição

Pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa, fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA , 2003)

1.2. História do Pão

FIGURA 1 A origem do pão remonta ao antigo Egito

Há cerca de 12.000 anos a espécie humana começou a comer uma espécie de massa crua feita apenas de água e farinha. Os egípcios, acredita-se, foram os primeiros a consumir massa fermentada e assada, 3.000 anos a.C. As primeiras fermentações começaram, provavelmente, a partir de microrganismos que estavam presentes no ar.

Uma vez que o trigo é o único cereal a conter glúten suficiente para produzir pão fermentado, não tardou a se tornar a cultura favorita, em detrimento de outros grãos como aveia, arroz e centeio. Os trabalhadores que construíram as pirâmides recebiam pão como forma de pagamento.

Os egípcios, também, foram os primeiros construtores de fornos destinados ao assamento de vários pães em uma única fornada. Pães feitos de trigo eram destinados aos ricos, para os menos afortunados pães de cevada, e aos miseráveis pães produzidos com sorgo. Em 150 a.C os romanos já eram produtores de uma variedade grande de pães

Em 1202 de nossa Era a Inglaterra adotou as primeiras leis para regular o preço dos pães e o lucro dos padeiros. Muitos foram condenados por venderem pães fora do peso. As leis exigiam, inclusive, marcas de cada padeiro na massa, para garantir a origem da mercadoria. Nasceram, assim, as primeiras “grifes” .

Apesar do fermento ser utilizado há muito tempo, somente em meados de 1800 foi identificado como um microrganismo que transforma carboidrato em álcool e gás carbônico.

Em 1928 foram criados, nos Estados Unidos, os primeiros fatiadores automáticos e logo em seguida as primeiras torradeiras elétricas (POMERANZ, 1987).

1.3. Ingredientes para Panificação

1.3.1. Farinha de Trigo.

Entende-se por farinha de trigo o produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan*, ou de outras espécies do gênero *Triticum*, reconhecidas através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado.

FIGURA 2 Representação do grão de trigo

Das proteínas totais do trigo 15% corresponde a globulinas e albuminas (não formadoras de glúten) e 85% à gliadina (alta extensibilidade e baixa elasticidade) e à glutenina (baixa extensibilidade e alta elasticidade), que são formadoras de glúten, sendo que a quantidade de proteínas totais no grão situa-se entre 8 a 21%. O entrelaçamento das proteínas, obtido da mistura com água e batimento da massa, resulta em uma rede elástica, responsável pela retenção dos gases formados durante o processo de fermentação da massa e vapor d'água durante o processo de cocção, que dará o volume final do pão e textura característica.

O amido é abundante no trigo, 57% do grão, sendo formado por dois componentes: amilose e amilopectina que, quando colocado em água e

aquecido a temperaturas acima de 60 °C, sofre gelatinização (formação de pasta transparente e viscosa). Quando resfriado, moléculas de amilose se agrupam através de pontes de hidrogênio, levando à formação de microcristais, também conhecido como retrogradação.

Os lípides no trigo variam de 2 a 3,5% (gérmen 6-11%; casca 3 a 5%; endosperma 1 a 1,5%) em maior ou menor grau na farinha de trigo dependendo do grau de extração.

As enzimas presentes são alfa-amilase, beta-amilase e glucoamilase, responsáveis pelo rompimento das ligações glicosídicas do amido (hidrólise), diminuição da viscosidade e formação de açúcares pelas leveduras, durante o processo de fermentação (HOSENEY, 1994)

1.3.2. Água

A água é o principal solvente da massa (formação do glúten e hidratação do amido), carreando consigo muitos sais minerais - carbonatos, cloretos, nitratos, sulfatos - que desempenham importante papel na ação das leveduras, influenciadas também pelo pH (EL-DASH *et al.*, 1983).

1.3.3. Fermento Biológico

Fermento biológico é o produto obtido de culturas puras de leveduras, por procedimento tecnológico adequado, e empregado para dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados.

FIGURA 3 Leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*)

A levedura atua como agente de crescimento e sabor (*Saccharomyces cerevisiae*), de forma isolada ou associada a outros microrganismos, como bactérias lácticas (fermentação natural), é utilizada há milhares de anos (Egito) e não conhecemos, ainda, outros meios que possam substituí-la, quer seja na forma granular, comprimida ou seca ativa (PYLER, 1988).

1.3.4. Açúcares

O açúcar mais utilizado é a sacarose, obtida de *Saccharum officinarum*, ou de *Beta alba*, L., por processos industriais adequados. O produto é designado "açúcar", seguido da denominação correspondente às suas características. Ex: "açúcar cristal", "açúcar mascavo". Açúcar demerara é uma mistura de cristais de sacarose e melaço. Açúcar invertido é obtido de soluções de sacarose tratadas com enzimas ou ácidos em temperaturas adequadas, resultando em misturas de glicose e frutose. Dextrose é obtida pela hidrólise enzimática de amido de milho, podendo ser convertida em dextrose anidra (cristal) ou soluções com diferentes D.E (dextrose equivalente). Malte, na forma de xarope ou pó, é obtido da germinação controlada de trigo ou cevada. Devido a presença de enzimas, açúcares redutores e proteínas, participa na melhoria de sabor e cor dos pães (PYLER, 1988).

1.3.5. Sal

Entende-se como sal o cloreto de sódio cristalizado extraído de fontes naturais, sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, própria à respectiva classificação, devendo ser inodoro e ter sabor salino-salgado próprio (Decreto nº 75.697, maio/1975). Além do sabor conferido à massa (1 a 2% sobre a farinha), o sal é um ingrediente valioso no fortalecimento da rede de glúten, controlador da fermentação, atividade de água e conservação final do pão (vida de prateleira) (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003).

1.3.6. Gorduras

Gorduras atuam como principal lubrificante da massa, enriquecimento calórico e melhorador de sabor e cor. A gordura apresenta-se na forma de óleos vegetais (soja, milho, amendoim, etc.) e animais (manteiga, banha), hidrogenados, com ou sem emulsificantes, em variados pontos de fusão e plasticidade. Em massas para pão é usada em concentração média de 3% sobre a farinha (PYLER, 1988).

1.3.7. Antimofo (Inibidores da flora)

Além de um bom sistema higiênico na área de produção (sanitizantes e agentes ionizantes), o crescimento de fungos e bactérias pode ser combatido com o uso de agentes inibidores da flora, misturados à própria massa, ou pulverizados na superfície do pão, na forma de ácidos orgânicos ou combinação destes (EL-DASH, 1983).

1.3.8. Fibras

Vários tipos de fibras podem ser acrescentados aos produtos panificados, na forma de farinhas integrais de sementes (trigo, aveia, centeio, milho, soja, aveia, cevada, girassol, linhaça, arroz, sorgo) ou fibras isoladas de frutas e outros vegetais (maçã, pera, uva). Além do aspecto nutricional, as fibras apresentam, em sua maioria, custo baixo e são facilmente encontradas comercialmente. Os pães de centeio, integral e de baixa caloria fazem parte, há muito tempo, de nossa dieta (POMERANZ, 1987).

1.3.9. Outros

À massa de pão podem ser acrescentadas inúmeras substâncias alimentícias que, se bem dosadas, vão enriquecer o valor nutricional, melhorar o sabor e diversidade de cada produto: glúten, leite e derivados, ovos, frutas secas, verduras e frios picados, côco ralado, etc. (PYLER, 1988).

1.3.10. Substitutos de Açúcares e Gorduras

Nos últimos anos, o mercado brasileiro vem apresentando um crescimento significativo no número de produtos nutricionalmente modificados. Além de propiciar energia, gordura e açúcar funcionam como melhoradores de sabor, plasticidade e conservação (GIOIELLI, 1996). Os produtos funcionais hipocalóricos apresentam uma redução ou eliminação de gordura, colesterol, açúcares, sódio e aumento do teor de fibras.

Encontramos no mercado, principalmente americano, produtos *free, light, no fat, no cholesterol and reduced calorie, low fat, high fiber, low calorie*, etc. impulsionados pelo crescimento de doenças crônicas relacionadas à obesidade como hipertensão e a diabetes que, nesse país, apresentou, de 1990 a 2000

um crescimento de 49%, com projeção de 165% até 2050 (PREPARED FOODS, 2002).

A maioria dos consumidores não adquire, ainda, esses produtos, estimulados pelos benefícios nutricionais, mas indiretamente desejam produtos “mais saudáveis”, “saborosos”, “com qualidade”, e “preço acessível”, e mais opções nos casos de restrição alimentar (SANDROU *et al.*, 2000).

Os alimentos modificados nutricionalmente devem obedecer ao Padrão de Identidade e Qualidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA da INDÚSTRIA da ALIMENTAÇÃO, 1999) e também, atender às normas técnicas referentes a Informação Nutricional Complementar, Portarias nº 27 e 29 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003).

1.3.10.1. Substitutos de açúcares

Atualmente são muitas as categorias de substitutos de açúcares simples (sacarose, glicose, frutose) (GRICE & GOLDSMITH, 2000). Alguns são completamente absorvidos pelo organismo (metabolizáveis), outros parcialmente e alguns eliminados sem qualquer transformação.

Além do poder dulçor, esses ingredientes são utilizados como agentes de corpo, textura, realçadores de sabor e propriedades prebióticas (HIRAYAMA, 2002) Alguns estão no mercado há muito tempo e outros aguardam aprovação pelos órgãos de saúde pública (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, 1998; CALORIE CONTROL COUNCIL, 2003).

1.3.10.1.1. Polióis

Um primeiro grupo é formado pelos polióis, apresentados no Quadro 1, obtidos por hidrogenação da maltose, lactose, palatinose, glicose e xilose (TSUNEYUKI & NAKAMURA, 2002). Apresentam valor energético baixo quando comparados com açúcar comum. Possuem as seguintes propriedades:

- * causam pouca ou nenhuma ação insulínica ;
- * são absorvidos lentamente ou de forma incompleta pelo intestino;
- * são produtos aprovados ou *Generally Recognized as Safe (GRAS)*.

QUADRO 1 – Valor energético dos polióis (NABORS, 2002)

poliol	energia* (kcal/g)
eritritol	0,2
manitol	1,6
isomalte	2,0
lactitol	2,0
maltitol	2,1
xilitol	2,4
sorbitol	2,6
hidrolisados hidrogenados de amido	3,0

*sacarose 4 kcal/g

Eritritol – É o mais novo entre os polióis, pó branco e cristalino de sabor doce suave, sem odor, 70% do poder dulçor da sacarose, não higroscópico e moderadamente solúvel em água. Estável em altas temperaturas e ampla faixa de pH, utilizado em gomas de mascar, confeitos, chocolate, *fondant*, produtos

panificados e bebidas (CHAPELLO, 1998; COCK, 1999, 2002; GOOSSENS & GONZE, 2000).

Manitol – Vem sendo utilizado há muito tempo em alimentos e produtos farmacêuticos. É não-higroscópico e largamente empregado para untar e amaciar goma de mascar, em coberturas de chocolates para sorvetes, confeitos e para mascarar sabor amargo de vitaminas, minerais, ervas e remédios. Em excesso apresenta efeito laxativo (LE & MULDERING, 2001).

Isomalte – Apresenta uma ação sinérgica com outros edulcorantes e seu sabor é bastante similar ao da sacarose, com poder dulçor 0,45-0,60 vezes maior e não apresenta sensação de refrescância. Pode substituir a sacarose em processos industriais, tendo grande tolerância à temperatura e ação mecânica. Possui baixa solubilidade, alto ponto de fusão, baixa viscosidade e alto calor específico. Empregado em drageados, gomas de mascar, chocolate, sorvetes, gelatinas, recheios e fondant. Pode ser utilizado em produtos panificados light, absorvendo menos água que a sacarose, aumentando a crocância (SCHIFFMAN *et al.*, 1995).

Lactitol – Apresenta um poder dulçor 0,4 vezes maior que a sacarose, suave e sem sabor residual. Não-higroscópico, de massa molar 362, pode ser utilizado em produtos cuja adição de água seja crítica, como no caso de panificação e drageados. É estável em meios ácido e alcalino e temperaturas elevadas. Sua ação prebiótica também tem sido pesquisada na estimulação e crescimento de *Lactobacillus* e *Bifidobacteria* (VAN VELTHUIJSEN, 1991; SCHIFFMAN *et al.*, 2001).

Maltitol – Pó branco, cristalino, não-higroscópico, termoestável, massa molar 344, sabor similar à sacarose, de ação ligeiramente refrescante, pode ser utilizado como substituto de gordura e açúcar como melhorador de cremosidade

em chocolates dietéticos, *brownies*, bolos e *cookies*. Empregado ainda em sorvetes, coberturas de chocolate, barras de cereais, gelatina, recheios e molhos para salada (PORTMANN & KILCAST, 1996).

Xilitol – Tem seu maior emprego em produtos não cariogênicos. Com poder dulçor semelhante à sacarose, sua forma cristalina apresenta ação refrescante significativa, acentuando o sabor de menta em gomas de mascar e confeitos; é quimicamente inerte e não participa na reação de Maillard (NIGAM & SINGH, 1995).

Sorbitol – Empregado por mais de cinquenta anos como edulcorante, agente umectante e melhorador de textura, com poder dulçor 0,6 maior que a sacarose e ação refrescante, massa molar 182. Uso em produtos que tendem ao endurecimento e ressecamento como alguns doces, produtos panificados e chocolate. Apresenta estabilidade química e térmica, não participando da reação de Maillard. Combina com outros ingredientes como açúcares, proteínas, estabilizantes e gorduras vegetais em gomas de mascar, sobremesas geladas, coberturas e recheios. Em excesso apresenta efeito laxativo (LE & MULDERING, 2001).

Hidrolisados hidrogenados de amido (HSH) - Incluem xaropes de maltitol, sorbitol e glicose hidrogenada, que pertencem a uma família com grande variedade de aplicações e referem-se a misturas que apresentam quantidades significativas de oligo e polissacarídeos hidrogenados adicionados com polióis (sorbitol, manitol e maltitol). Alguns produtos apresentam nomes definidos: xarope de sorbitol, apresenta 50% ou mais de sorbitol; xarope de maltitol, apresenta 50% ou mais de maltitol. Não havendo predominância de uma substância recebem a designação genérica de hidrolisado. Geralmente são 40-90% mais doces que a sacarose, utilizados como agentes de corpo, umectantes, modificadores de cristalização, crioprotetores e auxiliares de

rehidratação. São ainda empregados como veículos em aromas, corantes, enzimas, produtos dietéticos e agentes umectantes em produtos panificados, porém não apresentam grupos redutores (MODDERMAN, 1993; EBERHARDT, 2001).

1.3.10.1.2. Edulcorantes Sintéticos

Outro grupo é formado por edulcorantes sintéticos ou edulcorantes intensos não-metabolizáveis que são praticamente nulos em valor energético porém apresentam intenso poder dulçor, especialmente quando combinados (Quadro 2) (SCHIFFMAN *et al.*, 1995; HOLLINGSWORTH, 2002).

QUADRO 2 – Comparação do poder dulçor dos edulcorantes em relação à sacarose

edulcorante	poder dulçor*
ciclamato	30
aspartame	180
acesulfame K	200
sacarina	300
sucralose	600
alitame	2000
neotame	8000

*poder dulçor da sacarose: 1

Ciclamato – Sua síntese ocorreu em 1937, na Universidade Illinois, por Michael Sveda, tendo seu uso aprovado em mais de 50 países e ainda não permitido nos Estados Unidos. É utilizado em combinação com outros edulcorantes, mascara sabor amargo e é compatível com a maioria dos ingredientes naturais e artificiais, estável em diferentes temperaturas e pH, é preferido para realçar sabor frutal em aromas, gelatinas, geléias e também

utilizado em molhos *light*, defumados e embutidos (SCHIFFMAN *et al.*, 1995; PORTMANN & KILCAST, 1998).

Aspartame – Descoberto acidentalmente por James Schlatter em 1965, recebeu sua aprovação pelo FDA em 1974 e efetivamente colocado em uso industrial em 1981. É um produto sintético de fórmula $C_{14}H_{18}N_2O_5$ composto pelos aminoácidos ácido aspártico e fenilalanina. Tecnicamente apresenta um valor energético equivalente a 0,4 kcal/g mas devido a quantidade utilizada pode ser considerado desprezível. Seu sabor é muito próximo ao da sacarose, realçando notas frutais em aromas, sucos e bebidas. Pode sofrer hidrólise em altas temperaturas e períodos prolongados de processamento. Relativamente solúvel em água e álcool e insolúvel em óleos e gorduras (BUTCHKO *et al.*, 2002; NUTRASWEET, 2003).

Acesulfame-K – Desenvolvido em 1967 por pesquisadores da Hoechst AG, 6-metil-1,2,3-oxitiazina-4(3H)-1-2,2-dioxido de potássio, massa molar 201,2, aprovação pelo FDA em 1988, de sabor doce suave e não residual com emprego em adoçantes de mesa, pudins, sobremesas, produtos panificados, refrigerantes, doces e conservas, além de produtos para higiene bucal e farmacêuticos. Estável em temperaturas acima de 200°C e ampla faixa de pH (SCHIFFMAN *et al.*, 1995; PORTMANN & KILCAST, 1998).

Sacarina – O mais antigo dos edulcorantes, desenvolvida em 1879, por pesquisadores da Universidade Johns Hopkins (EUA). Termoestável e de baixo preço. A sacarina sódica é a mais utilizada mundialmente pela sua solubilidade e estabilidade. Sendo utilizada em combinação com outros edulcorantes, pois apresenta forte sabor residual e nota metálica, em adoçantes de mesa, refrigerantes, produtos panificados, geléias, gomas de mascar, frutas em calda, cremes, sobremesas e molhos para saladas; além de cosméticos, vitaminas e farmacêuticos (CALORIE CONTROL COUNCIL, 2003).

Sucralose (Splenda) (1,6-dicloro-1,6-dideoxi- β -D-Fructofuranosil-4-Cloro-4-deoxi- α -D-Galactopiranosídeo) - Foi desenvolvida em 1976, na Faculdade Rainha Elizabeth – EUA, por pesquisadores das empresas McNeil Co. (Johnson & Johnson) e Tate & Lyle, marca comercial Splenda®; recebeu aprovação no Brasil e Argentina em 1995 e pelo FDA em 1998. É obtida a partir da sacarose, em processo que substitui seletivamente três grupos hidroxila por átomos de cloro (BARNDT & JACKSON, 1990; WIET & BEYTS, 1992). É um pó branco cristalino, classificada quimicamente como carboidrato clorado (ANEXO IV).

Estudos clínicos demonstram que é inócua à saúde, mesmo em níveis de consumo muito superiores ao necessário para adoçar. Não é tóxica, não causa câncer ou efeitos aos organismos, podendo ser consumida por diabéticos, fenilcetonúricos e gestantes e por qualquer faixa etária e não provoca cáries, dispensando advertências na embalagem limitando sua aplicação.

A sucralose é um edulcorante não calórico, pois não é reconhecido como carboidrato pelo corpo. Isto porque a molécula passa rapidamente pelo organismo sem ser quebrada e não é afetada pelo processo digestivo, sendo pobremente absorvida e não se acumulando no corpo.

Como apresenta alto poder dulçor (Quadro 2), há necessidade de correção do “corpo” com outro ingrediente, como a polidextrose, que além do baixo valor energético propicia a manutenção do teor de sólidos. A sucralose apresenta alta estabilidade térmica e pode ser utilizada também em bolos, pães, produtos pasteurizados, enlatados, xaropes, geléias, gelatinas, chocolates, gomas de mascar, bebidas carbonatadas, molhos, laticínios, sobremesas e adoçantes de mesa. Pode ser submetida à faixa de pH 1,5 a 10, compreendendo todos os alimentos, sem perda do poder

dulçor, como sucos e refrigerantes, mantendo o poder edulcorante por longos períodos de armazenamento.

Devido à molécula ser extremamente estável, não existe nenhuma reação com produtos químicos, ácidos, estabilizantes, aromas, corantes, etc. Não interage quimicamente com os ingredientes, permitindo seu uso sem cuidados especiais em qualquer etapa do processo. Há estudos que comprovam a estabilidade da sucralose em alimentos processados e bebidas por um período acima de 5 anos (GRICE & GOLDSMITH, 2000).

Alitame – É obtido a partir dos amino-ácidos L-aspártico e D-alanina com um agrupamento amida (2,2,4,4-tetrametil-tienanilamina). Desenvolvido por pesquisadores da Pfizer Inc., marca comercial Aclame, o ácido aspártico é metabolizado normalmente e o restante da molécula não. Apresenta sabor doce suave, estável em altas temperaturas e faixa de pH, altamente solúvel em água, apresentando efeito sinérgico com outros edulcorantes. Aplicações em produtos panificados, bebidas quentes e frias, pós para refresco, sobremesas, adoçantes de mesa, gomas de mascar, confeitos, produtos de higiene pessoal e farmacêuticos (GRENBY, 1995).

Neotame – É um derivado dipeptídico dos amino-ácidos fenilalanina e ácido aspártico desenvolvido pelos pesquisadores Claude Nofre e Jean-Marie Tinti, pela modificação química do aspartame, N-[N-(3,3-dimetilbutil)-L- α -aspartil]-L-fenilalanina-1-metil-éster na forma L. Atualmente é produzido pela empresa NutraSweet Co. (PRAKASH et al., 2002). É estável em misturas secas e pH neutro, não metabolizável e não há necessidade de rotulagem especial para fenilcetonúricos. Solúvel em água, estável em pH 4,5, perdendo estabilidade com aumento da temperatura. Apresenta efeito sinérgico com outros edulcorantes. Aplicações: bebidas carbonatadas, chás industrializados, pós para refrescos, adoçantes de mesa, gomas de mascar, iogurtes e bolos (NOFRE & TINTI, 2000).

1.3.10.1.3. Plantas e Proteínas

Além dos edulcorantes sintéticos isolados de diferentes fontes ou produzidos por reações enzimáticas, com propriedades ainda não completamente pesquisadas e com aplicações específicas e/ou ainda não disponíveis comercialmente, são relacionados os obtidos de extratos de plantas, que compreendem cerca de 80 compostos em 20 classes (KINGHORN & SOEJARTO, 2002):

- terpenóides (*Stevia rebaudiana*, *Sirairia grosvenorii*, *Lippia dulcis* Trev., *Baccharis gaudichaudiana*, *Periandra dulcis* L., *Abrus precatorius* L., *Pterocarya paliurus* Batal);
- flavonóides (*Tessaria dodoneifolia*, *Hymenoxys turneri*);
- proteínas (*Thaumatococcus*, *Monellin*, *Mabinlin*, *Pentadin*, *Miraculin*, *Curculin*).

Stevia – O esteviosídeo, com poder dulçor 300 vezes maior que a sacarose, extraído das folhas da *Stevia rebaudiana*, é conhecido há séculos no Paraguai como adoçante de bebidas amargas e chá. Desde os anos 70 é utilizado no Japão em refrigerantes, gomas, confeitos, adoçantes de mesa, molho de peixe, alimentos marinhos, xaropes e farmacêuticos. Aguarda, ainda, aprovação do FDA, mas pode ser comercializado como suplemento dietético. É solúvel em água, possui sabor residual mentolado, que diminui com o aumento da pureza. Apresenta efeito sinérgico com outros edulcorantes (SCHIFFMAN, 1995).

Desidrochalconas (DHC) – Edulcorantes não calóricos derivados de bioflavonóides de frutas cítricas (naringina desidrochalconas e neoespiridina desidrochalconas), com poder dulçor variando de 300 a 2000 vezes maior em

relação à sacarose, e possíveis aplicações em gomas, doces, sucos de frutas, produtos de higiene bucal e farmacêuticos (SCHIFFMAN, 1995).

Taumatina – Proteína isolada da fruta africana *Thaumatococcus daniellii* Benth, com poder dulçor 2000-3000 maior que a sacarose (GIBBS *et al.*, 1996; ANDERSON, 1997). Tem ação sinérgica com outros edulcorantes como sacarina, acesulfame-K e steviosídeo. Aplicação potencial como edulcorante em refrigerantes, gelatinas, geléias, condimentos, iogurte, gomas de mascar, café instantâneo, chá, aromas, produtos farmacêuticos e cosméticos (SCHIFFMAN, 1995).

Glicirrizina – Edulcorante vegetal extraído da *Glycyrrhiza glabra*, com poder dulçor 50-100 vezes maior que a sacarose. Usado como flavorizante de tabaco, farmacêuticos, confeitos, agente aerante e edulcorante de alguns refrigerantes (NOMURA *et al.*, 2002).

Os oligosacarídeos compreendem um importante grupo de carboidratos poliméricos que apresentam 2-10 monosacarídeos e podem ser encontrados livres ou combinados, em organismos vivos, frutas, vegetais, leite e mel; alguns com propriedades prebióticas, facilitadores da absorção intestinal, não ou anti-cariogênicos, reguladores de colesterol e glicose sanguíneos (HIRAYAMA, 2002; OKU *et al.*, 2002).

O desenvolvimento de novas tecnologias com enzimas vem propiciando a obtenção de inúmeros oligosacarídeos derivados do amido, sacarose, lactose e gomas (β -1,6-gentio-oligosacarídeos, α,α 1,1-trehalose, α -1,3-nigero-oligosacarídeos, ciclodextrinas) (YUN, 1996; NAKAKUKI, 2002).

Trehalose – É um edulcorante natural constituído por duas moléculas de glicose, encontrado no mel, cogumelos, lagosta, camarão e fermento biológico.

O produto comercial, com massa molar 342,31, é obtido a partir do amido, por transformação enzimática, apresentando 45% do poder dulçor da sacarose. A absorção no organismo é similar a de outros dissacarídeos, com hidrólise para glicose e absorção intestinal. Não é um açúcar redutor e portanto não reage com amino-grupos na reação de Maillard. Sua aplicação em alimentos tem sido estudada como crioprotetor biológico em processos de desidratação e liofilização. Aplicações: sucos de frutas, purés, recheios, barras de cereais, frutas e vegetais desidratados, chips de chocolate branco, iogurtes, molhos, geléias, gelatinas, gomas de mascar (HIGASHIYAMA, 2002).

Tagatose – D-tagatose (D-lyxo-hexulose), $C_6H_{12}O_6$, massa molar 180, é um edulcorante natural, sólido, branco e cristalino, encontrado em alguns laticínios, com produção comercial patenteada. Apresenta poder dulçor de 92%, semelhante à sacarose, com ação no organismo idêntica à frutose mas não completamente absorvido. Possui um valor energético de 1,5 kcal/g e ação sinérgica com outros edulcorantes. Aplicações: produtos panificados, confeitados, chocolate, caramelos, gomas de mascar, sorvetes, refrigerantes e cereais (LEVIN, 2002).

1.3.10.1.4. Agentes de corpo

Um dos grandes problemas na formulação de alimentos de baixa caloria é a remoção parcial ou eliminação completa da sacarose, que tem como resultado direto a perda de massa ou corpo do produto. Alimentos ricos em sacarose como sorvetes, doces, chocolates, bolos e produtos panificados são extremamente susceptíveis à esta redução. Três classes de ingredientes são as mais utilizadas como agentes de corpo para reposição de açúcares: os já mencionados polióis, maltodextrinas e polidextrose.

Maltodextrinas – As maltodextrinas participam no aumento da viscosidade, como diluente e melhoradores de textura. São pós amorfos formados por cadeias de alto peso molar de D-glucose, obtidas pela hidrólise parcial do amido, solúveis em água, higroscópicas, com dextrose equivalente abaixo de 20 e valor energético de 4 kcal/g. Podem ser obtidas a partir da aveia, arroz, trigo e mandioca. São utilizadas em margarinas, cremes, molhos tipo maionese, laticínios, produtos panificados, recheios e embutidos (IMESON, 1997; INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998).

Polidextrose – Desenvolvida pelo Dr. H. H. Rennhard, nos Laboratórios Pfizer que explorou uma série de polissacarídeos pelo seu potencial para substituir açúcares, gorduras, farinhas e amidos em alimentos de calorias reduzidas (FREEMAN, 1982).

Utilizada como complemento da sucralose, mencionada anteriormente, é um pó amorfo com ponto de fusão 170°C (pode ser produzida, também, como solução 70%), com coloração creme, formada por polímeros de glicose de baixa massa molar, higroscópica, com valor energético de 1 kcal/g podendo ser usada de forma isolada ou combinada em muitos produtos alimentícios (ANEXO IV).

PONG *et al.* (1991) descrevem o produto comercial N-Flate (1,5% aspartame, 35,5% frutose e 63% polidextrose) como um substituto potencial de açúcar e gordura em bolos tipo *cupcake*. ATTIA *et al.* (1993), de forma semelhante, estudaram a ação da polidextrose como agente de corpo para obtenção de bolos com calorias reduzidas com a substituição de sacarose por frutose cristalina, acesulfame-K e aspartame, observando as alterações ocorridas no valor energético, volume, coloração da crosta e miolo, maciez e aparência geral.

A polidextrose é obtida pela policondensação térmica a vácuo da glicose com uma pequena quantidade de sorbitol e ácido cítrico como catalisador (89:10:1), formando cadeias com ligações do tipo 1-6 predominantemente, com massa molar variando de 162 a 20.000. Pode conter, ainda, pequenas quantidades de matéria-prima residual e traços de 1,6-anidro-D-glicose e 5-hidroximetilfurfural produzidos pela caramelização da glicose.

A preparação de soluções concentradas de polidextrose pode ser feita pela sua dissolução em água quente e forte agitação mecânica, apresentando maior viscosidade que soluções com concentração equivalente em sacarose.

A polidextrose tem ação umectante e, em produtos panificados, aparece em pré-misturas para bolos, massas congeladas e recheios.

CRAIG *et al.* (1998) descrevem a polidextrose como polissacarídeo resistente (RP) ou oligossacarídeo resistente (RO) reconhecidos como fibras dietéticas (DF), na mesma categoria da inulina e galactooligossacarídeos de soja. A estrutura complexa e compacta da molécula impede sua completa digestão enzimática no organismo, justificando seu reduzido valor energético.

Em trabalho publicado pela DANISCO (2003), os efeitos da ingestão de polidextrose sobre as funções fisiológicas são benéficos. Seu consumo melhora substancialmente processos intestinais, evita a absorção excessiva de glicose no intestino delgado, a fermentação no intestino grosso e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, incluindo butirato. Promove a proliferação da microflora intestinal e reduz o pH do intestino. A ingestão diária de 4-12 g de polidextrose melhora a função fisiológica sem produzir reações adversas, pois tem efeitos similares ao das fibras dietárias, sem causar efeitos laxativos.

1.3.10.2. Substitutos de gorduras

1.3.10.2.1. Óleos e Gorduras

Segundo GIOIELLI (1996) gorduras ou lípides são constituídas, em sua grande maioria, por triacilgliceróis e outros componentes menores. Triacilgliceróis são formados por uma cadeia de glicerol, onde os três grupos acila são substituídos por ácidos graxos, que podem apresentar diferentes comprimentos e diferentes graus de insaturação.

São substâncias insolúveis em água, menos densas que esta, solúveis em solventes orgânicos e formados por cadeias carbônicas longas, estando presentes em organismos vivos ou sendo obtidas deles.

Recebem as denominações de óleo quando líquidos à temperatura ambiente, ou gordura, quando sólidos à mesma temperatura (20°C). Podem ainda ser denominados como azeite, quando provenientes da polpa de frutos (de oliva, de dendê), ou como manteiga, termo reservado para certas gorduras vegetais (de cacau, “shea”, “illipé”, “karité”).

São apresentados comercialmente nas formas de óleos de mesa para tempero, óleos e gorduras para fritura, manteiga, margarinas, cremes vegetais, halvarinas e gordura vegetal hidrogenada (*shortenings*). Além destes, são incorporados na fabricação de numerosos outros produtos, como pães, bolos, biscoitos, chocolates, sorvetes e maioneses.

Os óleos e gorduras desempenham importantes funções:

- São compostos de armazenamento em vegetais e animais;
- São componentes estruturais em membranas celulares;
- São precursores de hormônios e ácidos biliares;

- Participam como fonte calórica na dieta (9 kcal/g);
- Fornecem componentes nutricionais específicos, como os ácidos graxos essenciais;
- São fontes e veículos de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K);
- São precursores de moduladores celulares como prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos;
- Exercem ação lubrificante;
- Contribuem para o paladar dos alimentos e na sensação de saciedade;
- Contribuem para o aroma dos alimentos, de modos desejáveis ou indesejáveis;
- Contribuem para a maciez dos alimentos, pelo aprisionamento do ar e/ou gás carbônico em massas, pães, bolos e sorvetes;
- Atuam como agentes transportadores de calor, nas frituras, contribuindo para o paladar e textura;
- São usados como temperos em saladas .

Dentro dessas características, portanto, não existe um “substituto de gordura” perfeito segundo SHUKLA (1998).

Em artigo publicado por STAUFFER (1998) os efeitos produzidos pelo uso de gorduras em produtos panificados estão bem relacionados:

Maciez – Pães sem qualquer tipo de gordura tendem a ficar duros e necessitam, pelo menos, 3% dela;

Umectância - Bolos produzidos com boa quantidade de gordura possuem uma melhor mastigabilidade, principalmente após alguns dias de armazenamento;

Lubrificação – Biscoitos (*cracker*) salgados que tenham óleo pulverizado na superfície são muito mais atrativos e mais agradavelmente percebidos na boca;

Sabor – As gorduras são especialmente notadas em produtos fritos, como *doughnut* ou sonho. Muitos produtos fritos são muito mais saborosos que seus equivalentes assados;

Estrutura – Gorduras hidrogenadas, principalmente, que apresentem um bom teor de sólidos e ponto de fusão elevado, evitam o colapso lateral em pães de forma e bolos, melhorando a estrutura do miolo, evitando o esfarelamento precoce e dando maior resistência durante o empilhamento no ponto de venda;

Volume – A adição de gordura em produtos panificados propicia um aumento significativo do seu volume, principalmente as emulsionadas, que facilitam a incorporação de ar e água à massa. Em pães, o máximo volume é obtido com aproximadamente 6% em relação à farinha, mas, na prática, níveis de 3 a 5% são os normalmente empregados;

Amaciante – As gorduras contribuem para evitar o endurecimento de pães e bolos cuja causa está relacionada, principalmente, com a recristalização do amido da farinha, alterando seu perfil de textura;

Processo – Durante o corte da massa crua para a posterior modelagem de pães e biscoitos é comum a lubrificação dos equipamentos (divisoras) com algum tipo de óleo vegetal ou mineral que diminua a aderência de massa às facas.

Mudança de hábito - Apesar dos enormes benefícios propiciados pelas gorduras à qualidade dos produtos e processo, milhões de consumidores estão

tentando mudar seu comportamento frente a esta classe de alimento (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, 1998).

Estudos conduzidos pelo CALORIE CONTROL COUNCIL (2000) revelam que 163 milhões de americanos adultos (79% da população) consomem alimentos com redução de gorduras e desejam uma variedade maior de alimentos com estas características. De acordo com a revista PREPARED FOODS (2002), mais de 2.000 novos produtos com teores reduzidos de gorduras foram introduzidos no mercado desde 1997.

Os substitutos de gorduras desenvolvidos até agora podem ser divididos em três grupos (AKOH & SWANSON, 1994):

- derivados de carboidratos
- derivados de proteínas
- derivados de gorduras

1.3.10.2.2. Derivados de carboidratos

Os carboidratos são utilizados de longa data e de forma segura como espessantes e estabilizantes. São também efetivos substitutos de gordura em produtos que possam ser aquecidos, porém, assim como os derivados de proteína, não podem ser utilizados como agentes de fritura (YACKEL, 1992).

Celulose - Ingrediente não calórico produzido como material microparticulado, que, dispersado no alimento, se assemelha à fase gordurosa, agindo como espessante, estabilizante ou modificador de viscosidade em emulsões. Tem grande capacidade de retenção de água, agente de corpo, e retardante de cristalização da água e controlador de espuma. Há uma grande variedade de derivados celulósicos, como a celulose microcristalina,

carboximetilcelulose, metilcelulose e hidroximetilcelulose, com aplicações específicas. Usos: laticínios, molhos, sobremesas geladas e temperos para saladas (IMESON, 1997; THEBAUDIN & LEFEBVRE, 1997).

Gomas – Também conhecidos por colóides hidrofílicos ou hidrocolóides inclui goma-guar, goma arábica, goma de alfarroba, goma xantana, carragenatos e pectinas. Com propriedades espessantes e gelificantes, melhoram a textura e cremosidade. Usos: molhos de salada sem gorduras, sobremesas e embutidos (WILLIAMS, 2000).

Inulina – Mistura de polissacarídeos e oligossacarídeos, extraída da raiz da chicória, tem sabor neutro, valor energético 1 a 1,2 kcal/g, apresenta múltipla funcionalidade como substituto de açúcar, gordura e fonte de fibras e vem sendo intensamente pesquisada pelo seu potencial como ingrediente prebiótico. Usos: iogurte, queijos, sobremesas geladas, produtos panificados, sorvetes, recheios, cremes, laticínios, suplementos enriquecidos com fibras e embutidos (YUN, 1996).

Maltodextrinas – Apresentam valor energético de 4 kcal/g, produzidas na forma de gel ou pó a partir do milho, batata, trigo e mandioca, utilizadas como substitutos de gordura, modificadoras de textura e agentes de corpo. Aplicações: produtos panificados, laticínios, molhos para saladas, patés, cremes, recheios, embutidos, sobremesas geladas, extrusados e bebidas (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998).

Nu-Trim – Ingrediente obtido da aveia e cevada após remoção de fibras insolúveis. O produto obtido, rico em fibras solúveis (beta-glucanos), é utilizado em produtos panificados, leite, queijo e sorvetes, sendo apresentado como um agente auxiliar na prevenção de problemas vasculares (THEBAUDIN & LEFEBVRE, 1997; CALORIE

CONTROL COUNCIL, 2002).

Oatrim (hidrolisado de farinha de aveia) – Obtido através da hidrólise enzimática da farinha de aveia, rico em fibras solúveis (beta-glucanos), utilizado como substituto de gordura, agente de corpo e melhorador de textura. Apresenta estabilidade térmica. Aplicações: produtos panificados, recheios, sobremesas geladas, bebidas lácteas, queijos, molhos para saladas, embutidos e doces (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998; CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

Z-Trim - (Z representa “zero” em valor energético) - Obtido a partir de fibras insolúveis de aveia, soja, peras e farelo de arroz, trigo e milho, que são processadas em pequenos fragmentos e moídas até a obtenção de pó fino. É utilizado em combinação com Oatrim em produtos panificados (reduzindo parcialmente a farinha), embutidos, queijos, sorvetes e iogurtes (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998, CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

Amidos e amidos modificados - Com valores energéticos de 1-4 kcal/g, são utilizados como substitutos de gorduras, agentes de corpo e modificadores de textura. São produzidos a partir da batata, milho, aveia, arroz, trigo e mandioca. Utilizados em combinação com proteínas, gomas e outros amidos modificados. As aplicações incluem o uso de amidos resistentes à ação enzimática no organismo, que funcionariam como fibras dietéticas em embutidos, molhos para saladas, produtos panificados, recheios, molhos, condimentos, sobremesas geladas e laticínios (DELCOUR & EERLINGER, 1996).

1.3.10.2.3. Derivados de proteínas

Os derivados de proteínas apresentam grande potencial em ampla variedade de produtos, especialmente congelados ou refrigerados. Em produtos aquecidos são exemplos as sopas, produtos pasteurizados e assados.

Proteína microparticulada – Valor energético de 1-2 kcal/g obtida a partir do soro de leite, ou leite, e ovos. É utilizada em sorvetes, manteiga, coalhada, queijos, iogurtes, molhos para saladas, margarinas, maioneses, produtos de panificação, sopas (HARRIS *et al.*, 1992).

Proteína concentrada de soro modificado - Obtida através da inativação térmica controlada do soro de leite, apresenta propriedades funcionais semelhantes à gordura. Aplicações: queijos, iogurtes, coalhada, sorvetes, produtos panificados, congelados, molhos para saladas e maioneses (CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

1.3.10.2.4. Derivados de gorduras

Dialquil dihexadecilmalonato (DDM) - Formado por ácido malônico combinado com ácidos graxos de óleos vegetais, desenvolvido pela Frito-Lay Inc., não apresenta valor energético pois não é absorvido no organismo. Utilizado em frituras (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998; CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

Glicerol propoxilado esterificado (EPG) – Produto desenvolvido pela ARCO Chemical Co., formado pela reação do glicerol com óxido de etileno e posterior esterificação com ácidos graxos. Aplicações em sobremesas geladas, molhos para salada, produtos panificados, cremes, biscoitos

cookies e frituras. Apresenta resistência a lipases (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998; CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

Triacoxitricarbalato (TATCA), Triacoxicitrato (TAC) e Éter de Triacoxiglicerila (TGE) – São ácidos policarboxílicos com dois ou quatro ácidos carboxílicos esterificados com álcoois saturados ou insaturados, cadeia linear ou ramificada com comprimento de 8-30 átomos de carbono. Devido à sua configuração química, são resistentes à ação de lipases e portanto de baixo valor energético. Utilizados para substituir óleos vegetais em processos de cocção, margarinas e molhos tipo maionese (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998; CALORIE CONTROL COUNCIL, 2002).

Emulsificantes – São compostos cuja molécula apresenta grupos hidrofílicos e lipofílicos que lhes conferem a propriedade de agregar água e gorduras formando, portanto, emulsões estáveis (GIESE, 1996). São ésteres de ácidos graxos e polióis (glicerol, propileno glicol e sorbitol) que são modificados com ácidos orgânicos ou óxido de etileno. Os emulsificantes mais comuns incluem lecitinas, mono e diglicerídeos, ésteres de oligoglicerila, polisorbatos e estearoil 2-lactil-lactato de sódio ou cálcio (SSL) com aplicações em bolos, biscoitos, coberturas e numerosos produtos derivados do leite. Apresentam valor calórico de 9 kcal/g mas são utilizados em menor quantidade, resultando em uma redução no teor total de gordura (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998).

Sorbestrin – Composto por ésteres de ácidos graxos de sorbitol e anidridos de sorbitol, com valor energético de 1,5 kcal/g, termoestável, líquido, usado para frituras, molhos de saladas, maioneses e produtos panificados (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1998).

Lipídios estruturados – Podem ser definidos como triacilgliceróis reestruturados ou modificados para alterar a composição em ácidos graxos e/ou sua distribuição nas moléculas de glicerol, por métodos químicos ou enzimáticos. São normalmente misturas com composição particular em ácidos graxos ou triacilgliceróis, com alterações nas características físicas e/ou químicas, tais como ponto de fusão, conteúdo de gordura sólida, viscosidade, consistência, índice de iodo e de saponificação. Alguns também apresentam menor valor calórico, pois não são completamente absorvidos pelo organismo. Esta diferenciação ocorre na posição dos ácidos graxos e não na massa molar. Entre os produtos desse grupo obtidos até agora estão os poliésteres de sacarose (SPE), ésteres de poliglicerol, ésteres alcoólicos de neopentila, dialquil éteres de glicerol, triacilgliceróis de ácidos carboxílicos alfa substituídos, diacilgliceróis de ácidos dibásicos de cadeia curta (GIOIELLI, 2002).

Olestra – Poliéster de sacarose (SPE), desenvolvido pela empresa Procter & Gamble, é obtido pela síntese de ácidos graxos saturados e insaturados de óleos vegetais (C_{12} a C_{20}) com grupos hidroxila, em presença de catalisadores, obtendo-se mistura com seis, sete ou oito ácidos graxos ligados à molécula de sacarose, não metabolizado ou absorvido pelo organismo, com o mesmo sabor das gorduras comuns, com aprovação pelo FDA em 1996 para “snacks” salgados e biscoitos (cracker), termoestável em frituras, com potencial para outras aplicações (BUSETTI, 1995) .

Caprenina – Formada por três ácidos graxos (caprílico C_8 , cáprico C_{10} e beenico C_{22}); os dois primeiros, de cadeia média são metabolizados normalmente e o último, de cadeia longa é parcialmente absorvido no organismo, propiciando uma redução calórica, conferindo ao produto um valor energético de 5 kcal/g. Tem sido utilizado como substituto de manteiga de cacau em chocolates e confeitos (GIOIELLI, 2002).

Salatrim (Benefat[®]) – Conforme KOSMARK (1996), Salatrim é uma família de gorduras estruturadas que apresentam as propriedades físicas das gorduras comuns. Quimicamente, apresenta pelo menos uma cadeia curta e pelo menos uma cadeia longa de ácidos graxos, predominantemente ácido esteárico C₁₈ e valor energético de 5 kcal/g (SMITH *et al.*, 1994).

O nome é um acrônimo formado a partir de *short and long acyl triglyceride molecule* e foi desenvolvido pela empresa Nabisco (East Hanover, NJ) e direitos adquiridos pela empresa Cultor Food Science que, em 1996, que estabeleceu a marca Benefat[®] para estes derivados.

As misturas são produzidas pela troca de algumas das cadeias longas de ácidos graxos de óleos vegetais hidrogenados (canola e soja) com C₂ acético, C₃ propiônico ou C₄ butírico, ligados ao glicerol, resultando em misturas de triacilgliceróis que são líquidas a sólidas em temperatura ambiente (HUANG *et al.*, 1994). Basicamente são produzidos dois tipos de misturas: uma contendo duas cadeias curtas e uma longa (*dishort*) e outra formada por duas cadeia longas e uma curta (*dilong*).

Obteve aprovação FDA em 1994 como produto GRAS, não influenciando, inclusive, na absorção de vitaminas lipossolúveis e micronutrientes. Na rotulagem de produtos com Salatrim, esta deverá aparecer no painel de informações nutricionais como gordura saturada e sua quantidade somada à gordura total (SOFTLY *et al.*, 1994).

As aplicações incluem coberturas de chocolates, *chips*, *toffee* e caramelos, recheios, produtos panificados, pasta de amendoim, molhos para saladas, queijos cremosos e sobremesas geladas (ANEXO IV).

Em produtos panificados o Benefat[®] possibilita a redução calórica, não influencia no sabor, possui estabilidade à oxidação, contribui para a maciez, estrutura do miolo e incorporação de ar (DANISCO, 2002).

BETAPOL – Mistura de triacilgliceróis para uso em formulações de substitutos de leite para consumo infantil (1,3-dioleato-2-palmitato triacilglicerol); produzido por rearranjo enzimático de ácidos graxos. Pode ser misturado com outros óleos vegetais produzindo um produto bastante semelhante ao leite materno (OSBORN & AKOH, 2000; SANDERS et al., 2001)

BOB – Produto obtido pela interesterificação enzimática entre trioleína e ácido beênico (BA) ou etil beênico (EB), produzindo o glicerol 1,3-dibeenato-2-oleato, utilizado como substituto de gordura em produtos de cacau (SEUNG et al., 1998, GIOIELLI, 2002).

1.4. Equipamentos para Panificação

O mercado de panificação, embora atue de forma regional, devido à alta perecibilidade de seus produtos, sofre influência do mundo globalizado e altamente competitivo, com demanda por itens tecnicamente evoluídos, de maior qualidade e menor preço.

Essa exigência se reflete diretamente na busca por máquinas e sistemas que permitam a automatização dos processos produtivos, uniformização da produção, aumento de produtividade e qualificação da mão-de-obra.

Vários equipamentos são utilizados para as diferentes fases do processamento, desde a recepção da matéria-prima até o carregamento e distribuição da produção (EL-DASH et al., 1983; PYLER, 1988):

- Silos de armazenamento de farinha – No Brasil, a quase totalidade das padarias e processadores de médio porte utilizam sacos de farinha de trigo com peso padrão de 50 kg ou pré-misturas de 25 kg armazenados sobre *pallets* até o momento de uso. Plantas de grande porte utilizam transporte a granel em carretas de até 12 t, com descarga pneumática da farinha diretamente nos silos ou sacaria de 1 t (*big bag*);

- Masseira, misturadores ou batedeira (*mixer*) – Equipamento básico nas padarias, utilizados para dispersar a água e demais ingredientes na farinha até o desenvolvimento da massa. São fabricados em vários tamanhos e modelos (0,5 Kg a 500 Kg de farinha), com velocidade de batimento lenta ou ultra-rápida, masseiras horizontais com carga e descarga automática e modelos semi-industriais. Os equipamentos atuais permitem a automação integral das plantas incluindo a dosagem de todos os ingredientes a partir de formulação pré-estabelecida em sistemas computadorizados. Essas facilidades permitem, ainda, o controle do tempo de batimento (variável em função da qualidade da farinha) e temperatura da água de refrigeração ou ingrediente;

FIGURA 4 Principais equipamentos para produção de pães (EL-DASH *et al.*, 1983)

- Laminadores ou cilindros – O cilindro tradicional, aos poucos, vem sendo abandonado pelas indústrias, devido ao risco de acidentes, e sendo substituído por sistemas automáticos conjugados a esteiras transportadoras. Pão sovado e

bisnagas são produtos que ainda necessitam complemento de batimento da massa e modelagem final. Alguns laminadores especiais são aplicados para processamento de massa folhada;

- Máquina de corte ou divisora – Utilizada para dividir a massa em pedaços de tamanho adequado, pode estar acoplada ao próprio equipamento de alimentação de massa em processo contínuo ou batelada. A separação é volumétrica e a densidade da massa (grau de fermentação) vai influenciar no peso final. Equipamentos mais recentes apresentam, na saída, controladores de peso (*check-weigh*) para garantir a uniformidade dos pães;

- Boleadora – Utilizada para arredondamento das bordas da massa (boleamento) evitando a fuga de gases e compostos voláteis produzidos na fermentação, melhorando a modelagem, volume e textura final dos pães;

- Câmara de descanso – Consiste em cabine com umidade e temperatura controladas, com esteiras transportadoras ou cestas que permitem o relaxamento da massa antes da modelagem;

- Modeladora – Para as massas de corte cilíndrico (pão de forma, pão para hot-dog, pão francês, baguete, grissini) a massa, após descanso intermediário (*proofer*), é achatada, desgaseificada, enrolada e selada até o formato final e enformada;

- Câmara de fermentação – A fermentação final será processada em um gabinete (fixo ou contínuo) com temperatura de 40 a 45 °C, umidade de 60 a 90% e tempo de 0,5 a 3h controlada para cada tipo de pão. As formas são distribuídas em bandejas, carrinhos ou esteiras transportadoras, com espaçamento lateral e superior para possibilitar o crescimento da massa. Todos

os pães devem receber a mesma quantidade de calor e umidade ou haverá variação no volume final;

- Forno - O processo de cocção é, praticamente, a fase final para a maioria dos produtos panificados. O tratamento térmico gelatiniza o amido, inativa proteínas e fermento, solubiliza gorduras, volatiliza água, álcool e outros compostos, aumenta o volume, desenvolve o sabor e a cor dos pães. Todos os outros equipamentos são calibrados para atender à demanda do forno. Não poderá haver ociosidade devido ao consumo de energia e nem excesso de produção que o forno não possa atender. Cada produto apresenta, também, tempo e faixa de temperatura ótimos de assamento. Além dos inconvenientes de pães muito claros ou queimados, o excesso de umidade influenciará na vida de prateleira dos produtos.

1.5. Tipos de Pães

A divisão entre produtos industrializados e artesanais já não é válida pelas características do mercado. Praticamente qualquer estabelecimento que opere com refeições prontas (bares, cantinas escolares, lanchonetes, restaurantes e mercado ambulante) comercializam o produto, além das tradicionais padarias, supermercados, lojas de conveniência, butiques especializadas e produção doméstica na cidade ou campo. Um critério interessante seria, talvez, os pães com crosta crocante (pão francês, italiano, baguette, ciabatta), os de crosta macia e bastante miolo (pão de forma, leite, centeio, hambúrguer, hot-dog, bisnagas, sovado) e, finalmente, os recheados (pão doce, panetone, roscas, tranças).

1.6. Mercado

O pão é um produto bastante popular no Brasil, consumido na forma de lanche ou mesmo junto com as refeições principais. A popularidade do pão é devida, sem dúvida, ao excelente sabor, preço e disponibilidade junto às milhares de padarias e supermercados do país (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2002):

O segmento de panificação e confeitaria no Brasil representa um faturamento anual ao redor de US\$ 16 bilhões. A mão-de-obra direta empregada pelo setor é de 550 mil. O setor é composto por 105 mil pequenos empresários em 52 mil empresas representando 85% do mercado e 15% disputado pelos fabricantes de pães industrializados, que consomem apenas 3% do volume de farinha de trigo do setor (Figura 5 e Quadro 3).

FIGURA 5 Distribuição das padarias no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2003).

QUADRO 3 Tipos de Padaria no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS
INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2003)

Padaria tipo Butique : Localizadas em regiões com alto poder aquisitivo, concentrada em produtos próprios e importados. Sua quantidade não é representativa.

Padaria de Serviço : Localizadas em regiões centrais e ruas com grande circulação e concentração de lojas.

Padarias de Conveniência : Além dos produtos próprios, oferecem grande gama de produtos de conveniência.

Pontos Quentes : Filial para onde se envia pães embalados e pães congelados (ou resfriados) para fazer assamento no ponto quente. Não há necessidade de grandes espaços.

Esse consumo vem apresentando crescimento. Existem, ainda, grandes diferenças regionais: regiões Sudeste e Sul consomem cerca de 35 kg/habitante/ano, enquanto o Nordeste só atinge 10 kg/habitante/ano. O consumo de pães no Brasil é de 27 kg anuais por pessoa, o que representa metade da porção recomendada por organizações mundiais como a OMS - 60kg/habitante/ano -, e a FAO - 50 kg/habitante/ano. Os produtos panificados ocupam a terceira colocação na lista de compras do brasileiro representando, em média, 12% do orçamento familiar para alimentação. O mercado brasileiro importa do Canadá e Argentina cerca de 50% do volume de trigo para consumo doméstico.

Para os panificadores, as publicações dirigidas são a principal fonte de informação. Das publicações especializadas em panificação, as mais lidas são o Jornal do Panificador (AIPP) (19,6%), Revista IP (19,5%), Padaria 2.000 (9,2%), Tecnopan (5,3%), Boletim Técnico do Pão (1,7%), outras (32,1%).

Ainda com bastante espaço para crescer, principalmente o produto industrializado, que no mercado americano representa o dobro do artesanal, o

mercado de pães demanda a criação de novas padarias e fábricas, desenvolvimento de maquinário, formulações, aditivos e coadjuvantes.

1.7. O Pão como Alimento Funcional

A suplementação alimentar já é mencionada 400 anos a.C, na Pérsia, quando o médico Melanpus sugere a adição de ferro ao vinho para melhorar a saúde dos soldados. Em 1831, França, o médico Boussingault recomenda a adição de lodo ao sal para prevenir doenças associadas à tireóide. No final dos anos 30, nos Estados Unidos, o pão foi o produto escolhido em programa governamental para enriquecimento da dieta. Várias doenças como pelagra, beriberi e anemia, associadas à falta de vitaminas do complexo B e ferro, estavam disseminadas. Uma vez que o pão era um alimento diário para a maioria dos americanos, foram adicionadas quantidades específicas de ferro, tiamina, niacina e riboflavina à farinha branca, na tentativa de se reduzir doenças associadas à falta de vitaminas e anemia. A fortificação do pão foi amparada por campanhas de esclarecimento dos benefícios à saúde, acompanhada de pesquisas científicas que davam sustentação aos fabricantes do alimento.

Apesar das compras governamentais, que influenciavam os processadores, os esforços para enriquecer o pão e a farinha foram lentos pela falta de interesse público. A situação não mudou significativamente até a II Guerra Mundial, quando a Grã Bretanha começou a produzir somente a farinha enriquecida, iniciando uma campanha pública para melhorar a saúde dos cidadãos durante o período de guerra. Apesar de campanhas patrióticas similares nos Estados Unidos, somente 40 por cento da farinha manufaturada foi enriquecida, porque as companhias menores continuavam a produzir farinha comum a baixo preço. Em 1942, o exército americano decidiu comprar somente farinha fortificada. O movimento incentivou muitos outros fabricantes a

produzir a farinha enriquecida, mas a total aceitação só foi alcançada após 1943 quando a administração dos alimentos da guerra requereu temporariamente o pão enriquecido (JOHNS HOPKINS, 2003).

No Brasil, dependente da importação de trigo para a produção de farinha com qualidade panificável, sempre houve a tendência da produção de mesclas com trigo nacional e importado. Cada oscilação no mercado de grãos, condicionado à variação em dólar do preço do trigo no mercado mundial, favorecia ou não as pesquisas para adição de outras farinhas, como soja e mandioca, à produção de pães. Esta adição, desejável por razões econômicas e nutricionais, em alguns casos não é aceita pelos padeiros, geralmente, por razões tecnológicas. O trigo apresenta condições únicas que, devido ao glúten presente na farinha, o tornam insubstituível na produção de pães. Técnicas de processo recentes e novos insumos, no entanto, permitem a adição de até 10% de amidos de mandioca modificados por diferentes processos, em massas, sem perda aparente da qualidade. A fortificação de farinha, leite e outros alimentos com vitaminas e sais minerais, sempre esteve atrelada a decisões políticas regionais de financiamento público.

O termo alimento funcional originou-se no Japão, no anos 80, associado à fortificação de alimentos, evoluindo para aqueles que tenham caráter preventivo, não apenas nutram, mas que contenham ingredientes específicos à saúde, que melhorem a resistência a doenças, fortaleçam órgãos ou retardem o envelhecimento físico e mental (ARAI *et al.*, 2002; KWAK & JUKES, 2001; MENRAD, 2003)

O desenvolvimento de produtos panificados funcionais acompanha a criação e a aprovação pelos órgãos de saúde pública de novos ingredientes com essas características, também utilizados por outros setores como matinais, lácteos, doces, salgadinhos e alimentos infantis.

O mercado de alimentos funcionais é muito irregular. Alguns alcançam sucesso e permanecem anos na preferência dos consumidores, outros, pela conjuntura econômica, custos, poder aquisitivo dos consumidores e aqueles mal projetados ou super-avaliados pelos processadores, desaparecem na mesma velocidade com que foram lançados (HILLIAM, 1998).

Os produtos panificados, além de oferecerem uma quantidade substancial de sais minerais e fibras, quando produzidos com farinhas integrais de trigo, aveia, sorgo, centeio e cevada, também, passaram a ser oferecidos com outras fontes de fibras não tradicionais: cascas micronizadas de soja, arroz, milho, peras, uvas e fontes de celulose não convencionais, têm sido adicionadas a massas de pães e biscoitos. Os cereais apresentam muitas fibras solúveis, como β -glucanos, arabinoxilanos e amidos resistentes, que funcionam como substratos para espécies de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (CHARALAMPOPOULOS *et al.*, 2002).

Nos últimos anos, vem ocorrendo pesquisa intensa na área de ingredientes funcionais, principalmente de culturas probióticas, substratos prebióticos, substâncias antioxidantes ou bloqueadoras de radicais livres, isoflavonas, lipídios estruturados, ácidos graxos Ômega-3 e eliminação de ácidos graxos trans da dieta.

De modo geral, a pesquisa e o oferecimento de alimentos funcionais tendem a continuar crescendo no século 21, pelo maior esclarecimento da população com os aspectos relacionados à saúde, envelhecimento, aumento dos custos previdenciários, avanços científicos e mudanças na legislação de alimentos (ADA, 1999).

O mercado de panificação acompanha essas tendências e começam a aparecer, também, os primeiros testes de pães com derivados funcionais de soja, lipídios estruturados, quitosana, fitosteróis, ácido fólico e oligossacarídeos.

1.8. Referências Bibliográficas¹

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria SVS/MS n.27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico de alimentos para fins especiais: *light*. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>. Acesso em: 15 jun. 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria SVS/MS n.29, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico de alimentos para fins especiais: *diet*. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>. Acesso em: 15 jun. 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria RDC n.90, de 18 de outubro de 2000. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>. Acesso em: 15 jun. 2003.

AKOH, C.C.; SWANSON, B.G. Fat substitutes in foods: growing demand and potential markets. In: AKOH, C.C.; SWANSON, B.G., eds. **Carbohydrate polyesters as fat substitutes**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.42-64.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Use of fat replacers **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.98, p.436-468, 1998.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Use of nutritive and nonnutritive sweeteners: position of American Dietetic Association. **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.98, p.580-587, 1998.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: functional foods. **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.99, n.10, p.1279-1285, 1999.

ANDERSON, G.H. Sugars and health: a review. **Nutr. Res.**, New York, v.17, n.9, p.1485-1498, 1997.

ARAI, S.; MORINAGA, Y.; YOSHIKAWA, T., ICHIISHI, E., KISO, Y.; YAMAZAKI, M.; MOROTOMI, M.; SHIMIZU, M.; KUWATA, T., KAMINOGAWA, S. Recent trends in functional food science and the industry in Japan. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, Tokyo, v.66, n.10, p.2017-2029, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. Compêndio da Legislação de Alimentos. Consolidação das Normas e Padrões de Alimentos. Compêndio da legislação de alimentos. Consolidação das normas e padrão de alimentos, São Paulo, 1985/1999. Disponível em: <http://www.abia.org.br>. Acesso em: 20 jun. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. Análise do mercado de pães, 2002/2003. Disponível em: <http://www.abip.org.br>. Acesso em: 15 mar. 2003.

ATTIA, E.A.; SHEHATA, H.A.A.; ASKAR, A. An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes. **Food Chem.**, Amsterdam, v.48, p.169-172,1993.

BARNDT, R.L.; JACKSON, G. Stability of sucralose in baked goods. **Food Technol.**, Chicago, v.44, n.1, p.62-66, 1990.

BUSETTI, M. Building better reduce-fat baked goods and snacks. **Prep. Foods**, Des Palines, v.8,n.164, p.77-78,1995.

BUTCHKO, H.H.; TSCHANZ, C.; KOTSONIS, F.N. Postmarketing surveillance of food additives. **Regul. Toxicol. Pharmacol.**, Orlando, v.20, p.105-118, 1994.

CALORIE CONTROL COUNCIL. Low calorie sweeteners and fat replacers. Disponível em: <http://www.caloriecontrol.org/index.html>. Acesso em: 10 maio 2003.

CHAPELLO, W.J. The use of sucralose in baked goods and mixes. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.9, p.716-717, 1998.

CHARALAMPOPOULOS, D.; WANG, R.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.79, p.131-141, 2002.

COCK, P. Erythritol: a novel noncaloric sweetener ingredient in low-calorie sweeteners: present and future. **World Rev. Nutr. Diet.**, Basel, v.85, p.110-116, 1999.

COCK, P.; BECHERT, C. Erythritol: functionality in noncaloric functional beverages. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1281-1289, 2002.

CRAIG, S.A.S.; HOLDEN, J.F.; TROUP, J.P.; AUERBACH, M.H.; FRIER, H.I. Polidextrose as soluble fiber: physiological and analytical aspects. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.5, p.370-376, 1998.

DANISCO Brasil. Efeitos da ingestão de polidextrose sobre as funções fisiológicas. **Food Ingredients**, São Paulo, n.22, p.110-115, 2003.

DANISCO Cultor. Benefat Ingredients for Healthful Nutrition. Disponível em: <http://www.daniscocultor.com>. Acesso em: 17 jun. 2002. [Catálogo].

DELCOUR, J.A.; EERLINGER, R.C. Analytical implications of the classification of resistant starch as dietary fiber. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.41, n.2, p.85-86, 1996.

EBERHARDT, L. Hydrogenated starch hydrolysates and maltitol syrups. In: NABORS, L.O'B.; GELARDI, R.C., eds. **Alternative sweeteners**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2001, p.63-75.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. 350p.

FREEMAN, T.M. Polydextrose for reduced calorie foods. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.27, n.10, p.515-518, 1982.

GIBBS, B.F.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. Sweet and taste-modifying proteins: a review. **Nutr. Res.**, New York, v.6, n.9, p.1619-1630, 1996.

GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers. **Food Technol.**, Chicago, v.50, n.4, p.78-84, 1996.

GIOIELLI, L.A. **Misturas binárias e ternárias de gorduras hidrogenadas na formulação de margarinas**. São Paulo, 1996. 253p. Tese de Livre-Docência - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

GIOIELLI, L.A. Lipídios estruturados. In: CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, C.K.; PROCÓPIO J. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. cap.33, p.457-465.

GOOSSENS, J.; GONZE M. Erythritol: the manufacturing confectioner. **Manuf. Confect.**, Glen Rock, v.80, p.71-75, 2000.

GRENBY, T.H. **Advances in sweeteners**. New York: Kluwer Academic, Plenum, 1995. 288p.

GRICE, H.C.; GOLDSMITH, L.A. Sucralose an overview of the toxicity data. **Food Chem. Toxicol.**, Amsterdam, v.38, suppl.2, p.S1-S6, 2000.

HARRIS, W.S.; HURWITZ, A.; STARGEL, W.W.; BURNS, T.S.; TSCHANZ, C. Evaluation of clinical and biochemical parameters after short-term consumption of microparticulated protein fat substitute: simplesse in a frozen dessert. **Asia Pacific J. Clin. Nutr.**, Clayton Victoria, v.1, n.2, p.81-87, 1992.

HIGASHIYAMA, T. Novel functions and applications of trehalose. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1263-1269, 2002.

HILLIAM, M. The market for functional foods. **Int. Dairy J.**, Amsterdam, n.8, p.349-353, 1998.

HIRAYAMA, M. Novel physiological functions of oligosaccharides. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1271-1279, 2002.

HOLLINGSWORTH, P. Sugar replacer expand product horizons: artificial sweeteners face sweet'n'sour consumer market. **Food Technol.**, Chicago, v.56, n.7, p.24-27, 2002.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 825p.

HUANG, A.S.; DELANO, G.M.; PIDEL, A.; JANES, L.E.; SOFTLY, B.J.; TEMPLEMAN, G.J. Characterization of triacylglycerols in saturated lipid mixtures with application to salatrim 23CA. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.42, p.453-460, 1994.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Fat replacers. **Food Technol.**, Chicago, v.52, n.3, p.47-53, 1998

IMESON, A. **Thickening and gelling agents for food**. New York: Chapman & Hall, 1997. 336p.

JOHNS Hopkins Bloomberg School of Public Health. History of food fortification programs in the U.S. **J. Econ. Dev. Cult. Change**, jan, 2003. Disponível em: <http://www.jhsph.edu>. Acesso em: 19 jul. 2002.

KINGHORN, A.D.; SOEJARTO, D.D. Discovery of terpenoid and phenolic sweeteners from plants. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7 p.1169-1179, 2002.

KOSMARK, R. Salatrim: properties and applications. **Food Technol.**, Chicago, v.50, n.4, p.98-101, 1996.

KWAK, N.; JUKES, D.J. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. **Food Control**, Amsterdam, n.12, p.99-107, 2001.

KWAK, N.; JUKES, D.J. Functional foods. Part 2: the impact on current regulatory terminology. **Food Control**, Amsterdam, n.12, p.109-117, 2001.

LE, A.S.; MULDERING, K.B. Sorbitol and mannitol. In: NABORS, L.O'B.; GELARDI, R.C., eds. **Alternative sweeteners**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2001. p.34-41. (Food science and technology, 48).

LEVIN, G.V. Tagatose: the new gras sweetener and health product, 2002. Disponível em: <http://www.tagatose.com/TagatoseWhitePaper.htm>. Acesso em: 23 abr. 2003.

MENRAD, K. Market and marketing of functional food in Europe. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.56, p 181-188, 2003.

MODDERMAN, J.P. Safety assessment of hydrogenated starch hydrolysates. **Regul. Toxicol. Pharmacol.**, Orlando, n.18, p.80-114, 1993.

NABORS, L.O'B. Sweet choices: sugar replacements for foods and beverages. **Food Technol.**, Chicago, v.56, n.7, p.28-34, 2002.

NAKAKUKI, T. Present status and future of functional oligosaccharide development in Japan. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1245-1251, 2002.

NIGAM, P.; SINGH, D. Processes for fermentative production of xylitol: a sugar substitute. **Process Biochem.**, Amsterdam, v.30, n.2, p.117-124, 1995.

NOFRE, C.; TINTI, J.M. Neotame: discovery, properties, utility. **Food Chem.**, Amsterdam, v.69, p.245-257, 2000.

NOMURA, T.; FUKAI, T.; AKIYAMA, T. Chemistry of phenolic compounds of licorice (*Glycyrrhiza* species) and their estrogenic and cytotoxic activities. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1199-1206, 2002.

NUTRASWEET Company. Aspartame. Disponível em:
<http://www.nutrasweet.com/articles/search.asp?srch=aspartame>. Acesso em: 22 mar. 2002.

OKU, T.; NAKAMURA, S. Digestion, absorption, fermentation, and metabolism of functional sugar substitutes and their available energy. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1253-1261, 2002.

OSBORN, H.T.; AKOH, C.C. Structured lipids novel fats with medical, nutraceutical, and food applications. Comprehensive reviews in food science and food safety. IFT, Chicago, 2002. v.3, p.93-102. Disponível em: <http://www.ift.org/pdfs/crfsfs/crfsfsv01n3p093-103ms20010544.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2003.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VCH, 1987. 486p.

PONG, L.; JOHNSON, J.M.; BARBEAU, W.E.; STEWART, D.L Evaluation of alternative fat and sweetener systems in cupcakes. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.68, n.5, p.552-555, 1991.

PORTMANN, M.O.; KILCAST, D. Psychophysical characterization of new sweeteners of commercial importance for the EC food industry. **Food Chem.**, Amsterdam, v.56 n.3, p.291-302, 1996.

PORTMANN, M.O.; KILCAST, D. Descriptive profiles of synergistic mixtures of bulk and intense sweeteners. **Food Qual. Prefer.**, Barking, v.9, n.4, p.221-229, 1998.

PRAKASH, I.; CORLISS, G.; PONAKALA, R.; ISHIKAWA, G. Neotame: the next-generation sweetener. **Food Technol.**, Chicago, v.56, n.7, p.36-40, 2002.

PREPARED FOODS. Magazine formulation & ingredient challenges, aug., 2002. Disponível em: <http://www.preparedfoods.com/CDA/ArticleArchiveSearch/1,1226,,00.html>. Acesso em: 19 maio 2002.

PYLER, E.J. **Baking science and technology**. 3.ed. Merrian: Sosland, 1988. v.1, v.2, 1300p.

SANDERS, D.J.; HOWES, D.; EARL, L.K. The absorption, distribution and excretion of 1-and 2-[¹⁴C] palmitoyl triacylglycerols in the rat. **Food Chem. Toxicol.**, Amsterdam, v.39, p.709-716, 2001.

SANDROU, D.K.; ARVANITOYANNIS, I.S. Low-fat/calorie foods: current state and perspectives. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, Fort Lauderdale, v.40, n.5, p.427-447, 2000.

SCHIFFMAN, S.S.; BOOTH, B.J.; LOSEE, M.L.; PECORE, S.D.; WARWICK, Z.S. Bitterness of sweeteners as a function of concentration. **Brain Res. Bull.**, Lausanne, v.36, n.5, p.505-513, 1995.

SCHIFFMAN, S.S.; BOOTH, B.J.; CARR, B.T.; LOSEE, M.L.; SATTELY-MILLER, E.A.A.; GRAHAM, B.G. Investigation of synergism: in binary mixtures of sweeteners. **Brain Res. Bull.**, Lausanne, v.38, n.2, p.105-120, 1995.

SEUNG-HEON, Y.; NAKAYA, H.; ITO, O.; MIYAWAKI, O.; PARK, K.H.; NAKAMURA, K. Effects of substrate solubility in interesterification with triolein by immobilized lipase in supercritical carbon dioxide. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, Tokyo, v.62, n.1, 1998.

SHUKLA, T.P. Baking with low or no fat. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.3, p.169-171, 1998.

SMITH, R.E.; FINLEY, J.W.; LEVEILLE, G.A. Overview of salatrim, a family of low-calorie fats. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.42, p.432-434, 1994.

SOFTLY, B.J.; HUANG, A.S.; FINLEY, J.W.; PETERSHEIM, M.; YARGER, R.G.; CHRYSAM, M.M.; WIECZOREK, R.L.; OTTERBURN, M.S.; MANZ A.; TEMPLEMAN, G.J. Composition of representative salatrim fat preparations. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.42, p.461-467, 1994.

STAUFFER, C.E. Fats and oils in bakery products. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.3, p.120-126, 1998.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends Food Sci. Technol.**, Amsterdam, v.8, p.41-48, 1997.

TSUNEYUKI, O.; NAKAMURA, S. Digestion, absorption, fermentation, and metabolism of functional sugar substitutes and their available energy. **Pure Appl. Chem.**, Oxford, v.74, n.7, p.1253-1261, 2002.

VAN VELTHUIJSEN, J.A.; BLANKERS, I.H. Lactitol: a new reduced-calorie sweetener. In: NABORS, L.O'B.; GELARDI, R.C., eds. **Alternative sweeteners**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2001. p.68-82.

WIET, S.G.; BEYTS, P.K. Sensory characteristics of sucralose and other high intensity sweeteners. **J. Food Sci.**, Chicago, v.57, n.4, p.1014-1019, 1992.

WILLIAMS, P.A. **Gums and stabilisers for the food industry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000. 470p.

YACKEL, W.C. Application of starch-based fat replacers. **Food Technol.**, Chicago, v.46, n.6, p.146-148, 1992.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation, and application. **Enzyme Microb. Technol.**, Amsterdam, v.19, p.107-117, 1996.

¹As referências bibliográficas estão de acordo com a norma NBR6023/2000 preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e as abreviaturas dos títulos dos periódicos seguem o Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) 2002.

2. SUBSTITUIÇÃO DE AÇÚCARES EM PÃES PARA HAMBÚRGUER

RESUMO

Pão é um produto popular consumido na forma de lanches ou com refeições e apreciado devido à sua aparência, aroma, sabor, preço e disponibilidade. Seu mercado vem crescendo rapidamente e demanda a criação de novas plantas, maquinário, formulações e aditivos alimentícios seguros. Depois de produzidos, porém, sofrem transformações que levam rapidamente à perda de crocância e ao endurecimento. Este processo tem impacto econômico grande, obrigando os produtores a trabalharem com data de validade curta, promoções, retorno de produtos não comercializados e aumento nos custos de produção e distribuição. A maioria dos produtos panificados apresenta algum tipo de açúcar que, além do enriquecimento calórico, funciona como melhorador de sabor, cor, plasticidade, conservação e auxiliar na fermentação. Utilizou-se formulação padronizada, substituindo-se a sacarose da formulação inicial por outros açúcares (frutose líquida e cristalina, dextrose anidra, mel e açúcar invertido), mantendo-se o poder dulçor, sólidos e água. O tempo e a temperatura do forno foram fixados em 8 min e 225°C. Foram elaboradas análises de textura (dureza), umidade, volume, sensorial e vida-de-prateleira. Os resultados mostraram que podem ser utilizados na produção de pães diferentes tipos de açúcares, de forma isolada ou combinada, sem que ocorra perda e/ou alteração significativa de qualidade no produto final.

Palavras-chave: reologia, textura, açúcares, panificação.

ABSTRACT

SUGAR USES IN BAKERY PRODUCTS. Bread is a popular product consumed as a sandwich or during mealtime and appreciated by its appearance, flavor, taste, price and availability. Growing fast, the bread market claim for new plants, machinery, recipes and safe food additives. After its production take place changes that leads to loss of crust crispness and increase of crumb firmness. Staling has a significant economic impact that lead the manufacturers to reduce the shelf-life, increase store discounts, production and distribution costs. The majority of bakery products contain some type of sugar which as font of energy improve flavor, color, softness, conservation and fermentation aid. A standard bread formula was used changing sucrose from the original recipe to different sweeteners (syrup and dry fructose, anhydrous dextrose, honey and inverted sugar), keeping the sweetness, total solids and water. The time and temperature of the oven were fixed in 8 minutes and 225°C. Texture (firmness), moisture, volume, sensory analysis and shelf-life were evaluated. The results showed that it can be used in bread production different kinds of sugars alone or in combination without significant loss or change on the final quality of the product.

Keywords: rheology, texture, sweeteners, bakery products.

2.1. Introdução

O pão é um produto bastante popular no Brasil, com consumo *per capita* de 27 quilos por ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2001), consumido na forma de lanche ou mesmo junto com as refeições principais. A popularidade do pão é devida, sem dúvida, ao excelente sabor, preço e disponibilidade junto às milhares de

padarias e supermercados do País. Crescendo rapidamente, o mercado de pães artesanais e industriais demanda a criação de novas padarias e fábricas, desenvolvimento de maquinário, formulações, aditivos e coadjuvantes. Grande parte do consumo brasileiro é representado pela linha constituída por pães com crosta fina – ou nenhuma – e bastante miolo. Pães de forma, hambúrguer, *hot-dog*, bisnagas – maioria impulsionada pelas cadeias de *fast-food* – além de pães especiais como *dinner-roll* e bisnaguinhas, são bastante populares no café da manhã de hotéis, merenda escolar e companhias de aviação. O sucesso destes pães é caracterizado, sobretudo, pela maciez e facilidade de mastigação, combinada com o uso de recheios cremosos como maionese, requeijão, margarinas, patés e outros.

Algumas horas depois de produzidos, os pães sofrem transformações que levam rapidamente à perda de crocância (pão-francês, italiano, *ciabatta*) e endurecimento (pão para *hot-dog*, hambúrguer, pão de forma, bisnagas). Este processo é denominado de envelhecimento do pão ou *bread staling* (HUG-ITEN et al., 2001; OVADIA & WALKER, 1996). Isto ocorre devido à recristalização do amido, alterações das proteínas e migração da água da massa após a cocção (CZUCHAJOWSKA & POMERANZ, 1989; FESSAS & SCHIRALDI, 1998). Este processo tem um impacto econômico bastante grande que obriga as empresas produtoras a trabalharem com data de validade (vida-de-prateleira) curta, traduzindo-se em um retorno grande de produtos não comercializados e aumento dos custos de produção e distribuição SAHLSTROM & BRATHEN, 1997; SI, 1997).

Os açúcares, na formulação de pães têm sido utilizados, tradicionalmente, para o adoçamento, aumento de maciez e volume, desenvolvimento do sabor e cor (Quadro1).

QUADRO 1 – Açúcares utilizados em panificação (BAKER'S DIGEST, 1986)

tipo de açúcar	propriedades (%)							
	sólidos	água	poder dulçor	sacarose	frutose	dextrose	maltose	outros
mel	81	17,2	97	1,31	38,2	31,3	7,3	1,5
açúcar-de-cana	100	-	100	100	-	-	-	-
açúcar invertido(a)	77	23	110	46	25	27	-	2
açúcar invertido(b)	77	23	120	3	45	48	-	4
dextrose anidra	91	9	75	-	-	100	-	-
xarope glicose 42 DE	80	20	50	-	-	19	14	67
frutose cristalina	99	1	170	-	100	-	-	-
xarope frutose (HFS)	80	20	140	-	86	13,5	-	-

(a) inversão parcial; (b) inversão total; * % em relação à sacarose

Mel – Um desenho em caverna na Espanha, datado de 7000 a.C, mostra um homem colhendo mel; o mesmo ocorre com registros egípcios de 5500 a.C. É conhecida há muito tempo a adição de mel em pães, sendo o único açúcar que não necessita qualquer tipo de refino e pode ser utilizado tal como produzido na natureza. Industrialmente tem uso restrito devido às oscilações de preço e dificuldade de obtenção do produto com mesmo padrão. Apresenta variações de cor, sabor, umidade e conteúdo de açúcares (SQUIRES *et al.*, 1997; STRAIT, 1997).

Açúcar-de-cana – Alguns registros dão conta de plantações de cana feitas pelos aborígenes da Nova Guiné 6000 a .C e produção de açúcar na Índia no Séc I. No século VII d.C., os árabes lançaram-se à conquista de um grande império e, à medida que avançavam, foram cultivando a cana de açúcar no Egito, na Palestina e no Norte de África. O açúcar chegou à Europa no século XI. Em Portugal, a cana foi cultivada no Algarves e na região de Coimbra desde o século XIV. Daí, passou para a ilha da Madeira, em meados do século seguinte (JAMES *et al.*, 1993).

Açúcar Invertido – Cerca de 20% mais doce que o açúcar de cana, o açúcar invertido é preparado pela hidrólise ácida ou enzimática da sacarose, resultando em uma mistura de frutose e glicose.

Dextrose anidra – Obtida pela hidrólise total do amido ou isolada a partir de hidrolisados de sacarose. Na forma cristalina apresenta 100% de concentração em dextrose.

Frutose - O avanço no processo de manufatura da frutose tornou viável economicamente sua comercialização a partir da década de 60. Em escala industrial foram desenvolvidas tecnologias para obtenção de xaropes a partir do milho - HFS (*high-fructose syrups*). Produzidos em concentrações de 42, 55 e 90% em frutose, apresentam poder dulçor diferente em relação à sacarose. A maior parte dos HFS são produzidos e consumidos nos Estados Unidos (CASEY, 1977; VUILLEUMIER, 1993).

No Brasil, o xarope de frutose é obtido através da hidrólise da sacarose e concentrado a 86% em frutose (GETEC, 2002). A frutose foi rapidamente integrada ao mercado de bebidas, panificação, conservas, geléias e laticínios (MEINCKE, 1986). Na forma cristalina é utilizada pela indústria farmacêutica, pré-misturas de bolos e produtos especiais [HANOVER & WHITE, 1993; OSBERGER & OLINGER, 1985; SAUSSELE *et al.*, 1983).

Dentre outros fatores, a retenção da água no produto final é de fundamental importância para a manutenção da maciez dos pães. Observa-se que isto ocorre devido à formação de ligações químicas entre as moléculas de água e as moléculas dos açúcares. Esta atração é suficiente para prevenir a migração e evaporação da água, mantendo-a ligada mesmo durante o forneamento.

Inicialmente, no forno a 225°C, ocorre a evaporação da água de condensação formada na estufa (crescimento final), a volatilização de compostos orgânicos e etanol formados durante a fermentação, expansão do gás carbônico e vapor d'água do miolo, resultando em grande expansão da massa (HAYMAN *et al.*, 1998).

Com o aumento sucessivo da temperatura interna, até 98°C, ocorre a inativação do fermento, enzimas, gelatinização do amido (amilose e amilopectina) e modificações das proteínas (glutenina e gliadina). Finalmente, uma crosta fina é formada com o aparecimento da cor castanho-dourada característica, em função da caramelização dos açúcares e reação de Maillard (HUG-ITEN *et al.*, 2001). Esta última pode ser explicada pelo mecanismo abaixo:

A análise descritiva quantitativa (QDA), desenvolvida nos anos 70, é um método utilizado para descrever as características de aparência, aroma, textura e sabor dos alimentos (LAWLESS & HEYMANN, 1998; MINIM *et al.*, 2000).

A reologia é o estudo da mecânica da deformação permanente ou temporária dos materiais sólidos e líquidos. No processamento, os alimentos são submetidos a forças como tensão e cisalhamento durante as operações de redução de tamanho, prensagem, extrusão, aquecimento e resfriamento (HOSENEY & SMEWING, 1999; BRASEQ, 2001). A textura pode ser definida como todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto que sejam perceptíveis por meios instrumentais e sensoriais (ROSENTHAL, 1999). A dureza, um dos parâmetros de textura, tem como procedimento

submeter os pães à compressão, analisar a curva força-tempo resultante, e tomar como parâmetro a força máxima aplicada às amostras (LANNES & GIOIELLI, 1995).

O pão apresenta naturalmente alto teor de umidade (cerca de 30%) que, conjugado com verões quentes e úmidos, são fatores determinantes na proliferação de fungos (bolores e leveduras) e bactérias. Usualmente quatro variedades de fungos são encontradas em pães: *Mucor* e *Rhizopus* (pretos) e *Aspergillus* e *Penicillium* (verde acizentados). As bactérias são menos frequentes sendo o *Bacillus mesentericus* a mais resistente ao forneamento. Produtos pouco assados e com alta umidade podem desenvolver o *ropiness*, associado à contaminação na matéria-prima ou na área de processamento (ROSENKVIST & HANSEN, 1995).

A diminuição no sabor, aroma e ressecamento dos pães pode ser avaliada por painel treinado (GUTKOSKI *et al.*, 1997; WALKER, 2002), mas os consumidores, em geral, comprimem o pão (*squeeze test*) para conferir sua maciez. A resistência avaliada por compressímetros mecânicos, correlacionam de forma adequada esta característica (HE & HOSENEY, 1990; STAUFFER, 2000).

Este trabalho objetiva avaliar a influência da adição de diferentes açúcares em pão para hambúrguer, em substituição total ou parcial, enfatizando as características reológicas

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Material

Foi utilizada farinha de trigo especial marca Sol, adquirida em um único lote e armazenada em câmara fria a -18°C , apresentando 14% umidade, glúten úmido 30% e 0,5% cinzas máx (de acordo com laudo de análise do fabricante); fermento biológico fresco prensado marca Itaiquara, armazenado em geladeira a 7°C ; sal refinado de mesa marca Cisne; açúcar refinado marca União; gordura vegetal hidrogenada tipo Mesa H – Refino de Óleos Brasil; enzima alfa-amilase fúngica Grindamyl[®], Danisco A4000 diluída com malto-dextrina 1:1000; propionato de cálcio (antimofo) marca Krishna Organic; mel de abelha de flores silvestres do Apiário do Instituto de Ciências Biológicas – USP; xarope de frutose concentração 86% em frutose, base seca, da Getec; frutose cristalina anidra 100% frutose, da Danisco Sweeteners; açúcar invertido 77% sólidos marca Dulcini; dextrose anidra 100%, da Getec.

TABELA 1 Formulações utilizadas para o teste experimental de panificação

Ingredientes (g)	SA	FR	FS	FC	AI	ME	DE
farinha de trigo	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
água	560	540	540	560	540	540	560
fermento biológico	50	50	50	50	50	50	50
sal refinado	20	20	20	20	20	20	20
gordura vegetal	60	60	60	60	60	60	60
enzima	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
propionato de cálcio	2	2	2	2	2	2	2
mel	-	-	-	-	-	120	-
sacarose	100	-	50	-	-	-	-
xarope de frutose	-	120	60	-	-	-	-
frutose cristalina	-	-	-	100	-	-	-
dextrose anidra	-	-	-	-	-	-	140
açúcar invertido	-	-	-	-	120	-	-

SA= sacarose; FR = xarope de frutose; FS = xarope frutose + sacarose; FC = frutose cristalina; AI = açúcar invertido; ME = mel; DE = dextrose

Fluxograma do processo

FIGURA 1 Fluxograma utilizado no teste de panificação

2.2.2 – Preparo das amostras

A massa foi preparada pelo sistema de massa direta (LORENZ & KULP, 1991), onde todos os ingredientes são misturados de uma só vez (HOSENEY, 1994), sem pré-fermentação (esponja), em batedeira planetária KitchenAid 525 – Brastemp e os pães assados em forno elétrico convencional 400W/220V de acordo com a formulação da Tabela 1 e Figura 1.

2.2.3 – Análise sensorial

Foi realizado um teste de aceitação para pães preparados com frutose, sacarose e combinação de frutose com sacarose (50:50), considerando os atributos sabor, maciez e aspecto geral. Utilizou-se escala hedônica estruturada de 9 pontos (LAWLESS & HEYMANN, 1998).

As amostras foram servidas com apresentação monádica seguindo delineamento completo de blocos casualizados, com 46 consumidores locais (70% mulheres), consumidores habituais deste tipo de produto, com idades de 17 a 45 anos.

Os dados, coletados em fichas (Figura 2), foram submetidos à distribuição de freqüência e análise de variância com fator duplo amostra/provador.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL		DATA ____/____/____																						
NOME: _____	IDADE	15 a 20 ☐																						
		21 a 30 ☐																						
		31 a 40 ☐																						
		acima 41 ☐																						
Para cada atributo - sabor, maciez e aspecto geral - dê uma nota																								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 9 - Gostei muitíssimo 8 - Gostei muito 7 - Gostei moderadamente 6 - Gostei levemente 5 - Nem gostei e nem desgostei 4 - Desgostei levemente 3 - Desgostei moderadamente 2 - Desgostei muito 1 - Desgostei muitíssimo </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th style="padding: 2px;">AMOSTRA</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </tbody> </table>	AMOSTRA					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th style="padding: 2px;">sabor</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </tbody> </table>	sabor					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th style="padding: 2px;">maciez</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </tbody> </table>	maciez					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th style="padding: 2px;">aspecto geral</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </tbody> </table>	aspecto geral				
AMOSTRA																								
sabor																								
maciez																								
aspecto geral																								
Existe diferença entre as amostras? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> sim não </div>																								
Caso positivo qual? _____																								
Comentários _____ _____ _____																								

FIGURA 2 Ficha de Avaliação Sensorial

2.2.4 – Análise de umidade

Para a análise de umidade o pão foi picado e homogeneizado (casca+miolo) pesando-se 10 g da amostra em cápsula de alumínio tarada. Os conjuntos (triplicata), foram colocados em estufa a 105 °C por 2 horas, após desidratação foram mantidos em um dessecador contendo sílica-gel, até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesados. O procedimento de secagem e pesagem foi repetido até que um valor constante fosse obtido para cada amostra analisada; o teor de umidade foi calculado pela diferença entre o peso inicial e final das amostras e expresso em porcentagem (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

2.2.5 – Análise de textura

As análises foram iniciadas no 2º dia de armazenamento, para redistribuição da umidade na massa, durante 10 dias consecutivos, tempo de prateleira para este tipo de produto. Foi utilizado o texturômetro TA.XT2 – Stable Micro Systems nos seguintes parâmetros: probe *compression platens* P/100 ϕ 100mm, dupla compressão 2,0 mm/s, distância 40%, teste de ruptura 1,0 %, força 100g, tempo 5 s. Tomou-se o parâmetro de dureza para a avaliação dos resultados.

2.2.6. Análise do volume

O volume dos pães foi determinado colocando-se as amostras em copo de vidro com volume pré-determinado, completando-se os espaços com micro-esferas de polietileno de densidade conhecida e leitura remanescente em cilindro graduado, expressando-se o resultado em cm³.

2.2.7. Vida de prateleira

Os pães foram acondicionados em sacos plásticos de polietileno comum e armazenados em *displays* plásticos (temperatura ambiente), com o acompanhamento de crescimento fúngico. Sua validade foi anotada e descartada ao primeiro sinal de aparecimento de colônias cotonosas de cores variadas (BEUCHAT, 1981; BUERA *et al.*, 1998).

2.2.8. Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada com o software Statgraphic 5.1. (Manugistic Inc., Rockville, MD, USA).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. – Dureza

Os resultados das análises de dureza são apresentados em função do tempo de armazenamento (dias) na Tabela 2. Já nos três primeiros dias de estocagem os pães, para todas as formulações, apresentaram variação na maciez, mesmo quando estocados em embalagem plástica, que retarda a saída de água das amostras. Nesta fase, tanto amido (amilose e amilopectina) quanto proteínas (glutenina e gliadina) ainda conservam alguma elasticidade, resultado da hidratação intensa ocorrida durante o batimento e formação da massa.

A adição de açúcares inibiu o desenvolvimento do glúten durante o batimento, competindo com a farinha pela água da formulação, concordando com os trabalhos de GALLAGHER *et al.* (2003) na produção de biscoitos. As massas com maior quantidade de açúcares necessitam menos água e tornam-se mais pegajosas. A recristalização da sacarose remanescente, durante a estocagem, conferiu aos pães para hambúrguer, além do sabor adocicado, estrutura e corpo.

O aumento da dureza está relacionado com o processo de recristalização e retrogradação da fração amilácea na massa. A adição de açúcares e sua ação em alimentos é revista por DAVIS (1995). As opiniões variam bastante.

Para LEVINE & SLADE (1987) e CHINACHOTI *et al.* (1991), a sacarose aumenta a temperatura de transição vítrea T_g reduzindo a retrogradação do amido.

KOHYAMA & NISHINARI (1991) concluem que a sacarose tem ação preventiva contra a retrogradação do amido em pastas de batata doce,

propondo que o açúcar interage com as cadeias estabilizando a matriz amilácea.

KALICHEVSKY *et al.* (1993) sugerem que a sacarose previne a retrogradação da amilopectina reduzindo a viscosidade e provocando mudanças estruturais na fase água-amido de um sistema formado por amido-sacarose-água.

WARD *et al.* (1994) concluem que a adição de glicose ou frutose em pastas de amido de milho ou amido de trigo aceleram o processo de retrogradação.

Para as amostras de pão neste trabalho, com o transcorrer da estocagem, o processo de retrogradação (recristalização do amido, alterações das proteínas e migração da água) tornou mais intenso o aumento da dureza até valores próximos de 3000-4000 gramas-força, ultrapassando qualquer ação umectante proporcionada pelos ingredientes.

Os resultados estão de acordo com os trabalhos de OVADIA & WALKER (1996). e com os trabalhos de STRAIT (1997) que, trabalhando com mel líquido e desidratado pesquisou os efeitos higroscópicos e melhoria na cor que este ingrediente poderia apresentar, em níveis de 3% e 6% em relação à farinha, em razão do alto teor de frutose e glicose na matéria-prima, em bolinhos tipo *muffin*, contribuindo para maior retenção de água, maciez e redução na dureza. Conclui, por outro lado, que não houve mudanças significativas, no produto acabado, quando comparado com aqueles produzidos com sacarose, com relação à atividade de água e umectância. Houve melhoria na coesividade e cor da crosta mais intensa. Ocorreu aumento na dureza e sabor mais adocicado.

Os resultados obtidos para o pão de hambúrguer contrariam os trabalhos de SQUIRES *et al.* (1997), que pesquisando a ação de mel em formulações de

pães fatiados com adição de 1, 3, 4 e 5% em relação à farinha e avaliando a dureza com o texturômetro TA-XT2, encontram amostras com menor dureza quando preparadas com 3% de sacarose e 1% de mel, quando comparadas com formulação controle com sacarose.

Estão em desacordo, também, com ADDO (1997), que pesquisa a adição de mel em massas submetidas ao congelamento e posterior assamento, utilizando solução contendo 81,4% de sólidos e mel em pó com 70% de pureza em pães de forma em adições variando de 4 a 12% sobre a farinha e comparando com padrão com 6% de sacarose em relação à farinha. Após armazenamento por duas semanas as amostras são descongeladas e assadas e a dureza (kgf) avaliadas no Instron Universal Testing Machine (modelo 4301, Instron Corp.) mostrando que teores acima de 8% de mel são favoráveis à redução da dureza principalmente utilizando a forma desidratada, com valores variando de 0,9 a 3,1 kgf ou 900 a 3100 gf.

Cabe ressaltar que nos dois últimos trabalhos citados as análises foram efetuadas com pães “frescos” e ainda não submetidos a um processo de retrogradação intensa, resultado de um armazenamento prolongado, em temperatura normal de estocagem.

O açúcar invertido (mistura de sacarose e frutose em solução ácida) apresentou, ao final da estocagem, ação de retardar, um pouco mais, este processo. BAKER *et al.* (1990) chamam a atenção para as soluções de açúcares. Quando comparadas com as formas cristalinas apresentam melhor resultado, devido à mobilidade das moléculas. Relatam, ainda, que a incorporação de soluções saturadas de sacarose em massas de bolo melhora o volume e a textura (crosta lisa e miolo mais homogêneo) em relação à simples adição de sacarose cristalina.

ALEXANDER (1997) relata a importância dos melaços de cana e beterraba, quando incorporados aos cereais e à ração de animais de grande porte e domésticos, representando o segundo maior consumo, logo após a sacarose cristalina.

MAACHE-REZZOUG *et al.* (1998) estudam a influência da água, gorduras e sacarose em massas para biscoitos, concluindo que grande quantidade de sacarose torna as massas excessivamente macias devido à competição com a água do sistema, ocasionando por exemplo, em cookies, redução da consistência e coesão, principalmente em concentrações acima de 40%, aumentando o alastramento da massa durante a cocção. Em contrapartida, a sacarose tende a cristalizar no biscoito frio tornando-o mais crocante, mas com tendência ao esfarelamento, pela dispersão das moléculas de amido e proteínas, impedindo a formação de massa contínua.

BALTSAVIAS *et al.* (1999) concluem que a adição de soluções de sacarose às massas aumentam sua viscosidade diretamente proporcional à quantidade, considerando a relação soluto/solvente, pois 1 g de sacarose quando dissolvida em 1 g de água produz 1,63 mL de solução total, ocasionando aumento no tempo total de batimento para o completo desenvolvimento da massa.

PONGSAWATMANIT *et al.* (2002), estudando a adição de sacarose em pastas de amido de cassava, relatam que a adição de açúcar exibe efeito anti-plastificante, isto é, acelera a retrogradação durante curtos intervalos de armazenamento, mas é benéfica a longo prazo, reduzindo-a. A presença de açúcar reduz, também, a atividade da água e sua mobilidade. Os efeitos da sacarose são complexos e imprevisíveis, e atribuídos às interações açúcar-amido que competem com a água, e influenciam a viscosidade, principalmente em coberturas, sopas e molhos.

2.3.2. Umidade

Quanto à umidade, ocorreram variações nas diversas formulações, sendo que nos produtos elaborados com açúcares que possuem propriedades umectantes (xarope de frutose, frutose cristalina, açúcar invertido, dextrose) houve tendência de aumento de umidade no decorrer dos dias de armazenamento.

Ocorre uma relação direta entre o teor e tipo de açúcar empregado em relação à farinha de trigo e a capacidade de retenção, na massa, de água “não-ligada” às proteínas e fração amilácea.

MAACHE-REZZOUG *et al.* (1998) relatam que a adição de sacarose promove a redução na viscosidade da massa de biscoitos e no tempo de descanso. Biscoitos ricos em sacarose apresentam estrutura mais coesa e crocante.

TABELA 2 – Valores de dureza (gf) durante o armazenamento para todas as amostras

dia	formulações						
	SA	ME	FS	FR	FC	AI	DE
1	1612,2 ^e	1413,8 ^c	1573,2 ^d	1886,7 ^f	1741,2 ^f	1193,1 ^b	1043,8 ^a
2	2015,0 ^d	2009,9 ^d	1807,5 ^c	2610,3 ^f	2401,7 ^e	1793,8 ^b	1460,3 ^a
3	2728,8 ^d	3114,0 ^e	2530,9 ^c	2457,9 ^b	2470,1 ^b	2436,5 ^b	2218,4 ^a
4	2776,7 ^c	2657,3 ^e	3262,5 ^d	2749,0 ^c	2469,2 ^a	2537,3 ^b	2589,7 ^b
5	2861,5 ^b	3633,8 ^f	3120,2 ^d	3214,5 ^e	2941,0 ^c	2915,5 ^c	2535,9 ^a
6	2860,4 ^b	3718,5 ^e	3402,3 ^d	2994,8 ^c	3008,6 ^c	2624,7 ^a	2615,5 ^a
7	3210,0 ^b	2949,6 ^c	3450,4 ^d	3114,6 ^b	3000,0 ^a	3096,7 ^a	3027,8 ^a
8	3302,5 ^c	3376,4 ^{d,e}	3700,3 ^d	3822,2 ^e	3006,2 ^b	2746,7 ^a	3050,8 ^b
9	3604,3 ^d	3809,7 ^e	3830,8 ^e	4146,5 ^f	3101,0 ^c	2995,3 ^a	3029,0 ^b

SA= sacarose; FR = xarope de frutose; FS = xarope frutose + sacarose; FC = frutose cristalina; AI = açúcar invertido; ME = mel; DE = dextrose

Letras iguais na mesma linha indicam variação não significativa entre as formulações que foram analisadas no mesmo dia ($p < 0,01$) Tukey HSD.

Pode-se observar também a variação de comportamento para cada formulação, sendo que não existe praticamente uma linearização dos resultados. A representação tridimensional (Figuras 3 a 9) mostra as tendências em valores da dureza em relação à umidade, num período de 9 dias, confirmando o aumento da dureza com o tempo e variação na umidade, sendo que pode-se observar a relação entre as três variáveis.

O envelhecimento do pão não está relacionado apenas com a perda de umidade da massa. Um pão analisado após 5 dias, armazenado em “condições apropriadas”, possuiria a mesma umidade que um pão “fresco”, embora apresente ao paladar a sensação de estar mais seco. O endurecimento estaria vinculado à retrogradação do amido e ao comportamento das proteínas e pentosanas, cujo papel neste processo ainda não foi suficientemente esclarecido (STAUFFER, 2000).

TABELA 3 – Valores de umidade (%) durante o armazenamento para todas as amostras.

dias	formulações						
	SA	ME	FS	FR	FC	AI	DE
1	30,14 ^a	29,72 ^a	29,20 ^a	29,58 ^a	29,61 ^a	31,56 ^b	29,92 ^a
2	28,98 ^{a,b}	29,92 ^{c,d}	30,11 ^d	29,78 ^{c,d}	29,27 ^{b,c}	28,16 ^a	28,86 ^{a,b}
3	30,90 ^c	28,07 ^a	31,00 ^c	29,48 ^{a,b}	28,92 ^{a,b}	29,49 ^b	29,80 ^{b,c}
4	30,22 ^d	27,22 ^a	29,34 ^{b,c,d}	28,67 ^{b,c}	28,70 ^{a,b}	30,01 ^{c,d}	29,39 ^{b,c,d}
5	29,90 ^c	27,27 ^a	28,46 ^b	28,45 ^{a,b}	27,30 ^a	28,58 ^b	29,80 ^c
6	29,76 ^{d,e}	26,75 ^a	27,69 ^b	28,96 ^{c,d}	28,50 ^{b,c}	30,56 ^e	28,71 ^c
7	29,50 ^{c,d}	27,68 ^a	28,12 ^{a,b}	29,05 ^{b,c}	29,12 ^{b,c}	30,40 ^d	30,40 ^d
8	28,80 ^{a,b}	27,51 ^a	28,50 ^{a,b}	30,10 ^c	29,64 ^{b,c}	30,30 ^c	30,30 ^c
9	29,10 ^{b,c}	27,22 ^a	28,60 ^{a,b}	32,70 ^c	30,41 ^c	29,90 ^c	29,80 ^{b,c}

SA= sacarose; FR = xarope de frutose; FS = xarope frutose + sacarose; FC = frutose cristalina; AI = açúcar invertido; ME = mel; DE = dextrose

Letras iguais na mesma linha indicam variação não significativa entre as formulações analisadas no mesmo dia ($p < 0,01$) Tukey HSD.

FIGURA 3 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com sacarose.

FIGURA 4 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com mel.

FIGURA 5 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com frutose + sacarose.

FIGURA 6 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com xarope de frutose

FIGURA 7- Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com frutose cristalina.

FIGURA 8 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com dextrose.

FIGURA 9 - Representação tridimensional da dureza (gf) x umidade (%) x tempo de armazenamento (dias) da formulação com açúcar invertido.

No experimento, a adição do açúcar invertido forneceu o melhor resultado nos quesitos maciez e umectância, mas de forma geral, os açúcares conhecidos por suas propriedades higroscópicas não assumiram tal funcionalidade para o tipo de produto estudado, devido à quantidade utilizada em cada formulação. Os “pães doces” e massas recheadas com cremes, tradicionais em padarias, apresentam concentração de açúcar, normalmente sacarose, variando de 16 a 20% em relação à farinha de trigo. Esta quantidade só não é maior devido à restrição do fermento biológico, que não se desenvolve em meio com excesso de açúcar.

Massas muito doces, como no caso de panetones, apresentam fermentação extremamente longa, indesejável nos processos em que se necessite alta produtividade. Massas de bolos, com agentes de crescimento químicos (“fermentos químicos” à base de bicarbonato e pirofosfatos), suportam concentrações de açúcares de 80 a 120% em relação à farinha de trigo. Neste

caso, a substituição parcial ou total de sacarose na formulação será muito mais “visível” quando comparada com formulações tradicionais de pães, com teores médios de 5% de sacarose em relação à farinha.

AIKAR *et al.* (1993) relatam o efeito do uso de misturas de sacarose e alguns tipos de substitutos de açúcares, entre eles a frutose, também na proporção 50:50, em bolos dietéticos. Encontraram que substituições de sacarose acima de 25% resulta no decréscimo da qualidade e aceitabilidade dos bolos, sendo que para pães o mesmo não ocorreu.

SEETHARAMAN *et al.* (2002) estudam a variação de umidade em amostras comerciais de pães para hambúrguer e *tortillas* armazenados durante 8 dias em embalagens plásticas a 22 °C. Os pães apresentam umidade inicial de $38,8 \pm 0,31\%$ perdendo menos de 0,5% ao final da estocagem. Para as *tortillas* a umidade varia de 29 a 32%, inicialmente com $30,6 \pm 0,29\%$ e, também, perdendo 0,5% ao final.

2.3.3. Análise Sensorial

Na análise estatística para sabor, obteve-se um F_{calc} (7,068477) maior que o F_{tab} (4,765866), indicando que as amostras são significativamente diferentes entre si a 5% de nível de significância. Sendo que nas observações dos provadores encontrou-se menção a diferenças maiores no pão com xarope de frutose e preferência pela sacarose (Figura 10).

FIGURA 10 Porcentagem de respostas em relação aos valores hedônicos

para o atributo SABOR

A frutose anidra apresenta poder dulçor 1,5 a 1,7 vezes maior que a sacarose cristalina. Como as formulações foram preparadas para a manutenção do mesmo teor de sólidos, o xarope de frutose apresentou-se ligeiramente mais adocicado aos provadores e detectado na análise estatística.

Para a maciez: o F_{calc} (4,013322) é menor que F_{tab} (4,765866), e as amostras não são significativamente diferentes entre si a 5% de nível de significância (Figura 11).

FIGURA 11 Porcentagem de respostas em relação aos valores hedônicos para o atributo MACIEZ

Como mencionado anteriormente, o teor de açúcares empregado (10% em relação à farinha de trigo) não exerceu influência significativa na maciez para uma detecção significativa por meios sensoriais, porém tendo sido detectado no texturômetro.

FIGURA 12 Porcentagem de respostas em relação aos valores hedônicos
para o atributo ASPECTO GERAL

Já no aspecto geral o F_{calc} (2,403572) é menor que F_{tab} (4,765866), portanto amostras não são significativamente diferentes entre si a 5% de nível de significância (Figura 12).

Um dos aspectos que mais chamaram a atenção dos consumidores foi a cor da crosta. Todas as formulações empregadas apresentam açúcares redutores, portanto, passíveis da ocorrência de interações açúcar-açúcar ou açúcar-proteína. A cor castanho-dourada agradou aos provadores, bem como a textura ao tato da crosta e miolo.

2.3.4.- Volume

O tipo de açúcar utilizado não influenciou a fermentação, retenção de gases e volume final do produto, sendo que outras variáveis (quantidade de fermento, teor de proteína, agentes oxidantes, peso de corte), poderiam influenciar de forma marcante o volume final (Tabela 4 e Figura 10).

TABELA 4 – Valores de volume (cm^3) para todas as formulações

formulações	volume (cm^3)
SA	64 ^b
ME	62 ^{a,b}
FS	64 ^b
FR	60 ^a
FC	63 ^b
AI	62 ^b
DE	63 ^b

SA= sacarose; FR = xarope de frutose;
FS = xarope frutose + sacarose; FC = frutose cristalina;
AI = açúcar invertido; ME = mel; DE = dextrose

Letras iguais indicam variação não significativa entre as formulações ($p < 0,01$) Tukey HSD.

FIGURA 13 Avaliação do volume

2.3.5 – Vida-de-prateleira

Ingredientes como açúcar e sal são conhecidos como controladores da fermentação e melhoradores da conservação em produtos panificados. Embora os pães estejam estéreis ao deixar o forno, são expostos a esporos de fungos durante o resfriamento, embalagem e estocagem.

A quantidade e o tipo de açúcar para as formulações propostas não exerceram influência na conservação dos pães para hambúrguer, sendo que a maioria das amostras apresentaram vida-de-prateleira de 9 a 10 dias. A Tabela 5 e a Figura 14 mostram o aparecimento de bolor nos pães indicado por (+).

A utilização de flashes de luz de alta intensidade, obtidos por lâmpadas de xenônio e alta voltagem, é relatada por DUNN *et al.* (1997), para a esterilização de produtos panificados (discos de pizza e pães de forma), já acondicionados em embalagens plásticas, incluindo bactérias, fungos, esporos, vírus, protozoários e cistos.

MARKOVA & WADSO (1998) descrevem método para avaliar o crescimento fúngico em pães inoculados com *Penicillium Spp*, correlacionando o aumento da atividade de água e o calor produzido pelo crescimento celular.

TABELA 5 – Aparecimento de fungos nas amostras durante o período de 10 dias

Dias	amostras						
	SA	ME	FS	FR	FC	AI	DE
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	+	-	-
9	+	+	-	-	+	-	+
10	+	+	+	+	+	+	+

SA= sacarose; FR = xarope de frutose; FS = xarope frutose + sacarose; FC = frutose cristalina; AI = açúcar invertido; ME = mel; DE = dextrose

(+) indica o aparecimento de fungos nas amostras

A adição de glicerol, para a redução da atividade de água, e a inibição do *Clostridium botulinum* em pães é descrita por LOMBARD *et al.* (2000), na África do Sul, em *steamed bread*, cozido em latas fechadas, e com aeração obtida utilizando fermento químico.

NIELSEN & RIOS (2000) relatam o prolongamento da vida de prateleira de pães através de vários experimentos utilizando embalagem com atmosfera

modificada N_2/CO_2 (MAP), adsorventes/sequestrantes de oxigênio, óleos essenciais (EO) e oleoresinas (OL) de condimentos e ervas.

VYTRASOVÁ *et al.* (2002) comparam a ação do sorbato de potássio em relação ao ácido propiônico em pães de gengibre inoculados com fungos xerofílicos (*Aspergillus*, *Eurotium*, *Chrysosporium* e *Wallemia*) obtendo melhores resultados para este último.

FIGURA 14 Presença de fungos nas amostras durante estocagem

MARÍN *et al.* (2002) pesquisam a utilização combinada de sais de ácidos orgânicos fracos (propionato de cálcio, sorbato de potássio e benzoato de sódio) em placas de ágar inoculadas com *Eurotium amstelodami*, *E. herbariorum*, *E. rubrum*, *Aspergillus flavus* e *A. niger*, em diferentes situações de pH e atividade de água a_w , concluindo que o sorbato de potássio apresenta melhor efeito inibidor.

Mais tarde MARÍN *et al.* (2003) reavaliam suas posições e comparam os efeitos proporcionados entre o ácido sórbico (pouco solúvel em água) e o seu sal sorbato de potássio (bastante solúvel em água) na inibição do desenvolvimento fúngico (*Eurotium chevalieri* e *Eurotium herbariorum*). Os ingredientes são adicionados à massa, durante o preparo de bolos tipo “sponge cake”, e o produto assado é posteriormente inoculado com as colônias. Concluem que, em pH neutro, os aditivos não apresentam efeito inibidor significativo.

De forma geral, massas ricas em açúcar e frutas secas apresentam vida de prateleira prolongada. Panetones, colombas, e outras massas com teores de açúcar acima de 20% em relação à farinha e com uso combinado de antimofos à base de ácidos orgânicos e seus sais, com baixa umidade e atividade de água, se bem embaladas, mesmo à temperatura ambiente, podem durar anos.

2.4. CONCLUSÕES

A análise instrumental detectou variações que não foram percebidas sensorialmente, mesmo tendo sido feita análise sensorial apenas para três formulações.

O equilíbrio entre os ingredientes é fator primordial para a obtenção de pães com boa qualidade, o que deverá ser considerado para um ajuste de formulação.

Os resultados mostraram, contudo, que nas quantidades utilizadas e no tipo de pão estudado, podem ser utilizados quaisquer tipos de açúcares sem que haja alteração significativa na qualidade final do produto.

A utilização do açúcar de forma isolada ou combinada depende, apenas, de sua disponibilidade e preço.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Análise do mercado de pães**, 2002. Disponível em: <http://www.abip.org.br>. Acesso em: 10 jun. 2002.

ADDO, K. Effects of honey type and level on the baking properties of frozen wheat flour doughs. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.1, p.36-40, 1997.

AIKAR, A.; ABDEL-FADEEL, M.G.; MONA, A.; EI-RAKAYBI, A.M.A.; MOSTAFA, G.A. Studies on the introduction of dietetic cake using sweeteners as sugar substitute. **Dtsch. Lebensm.-Rundsch.**, Stuttgart, v.83, p.389, 1993.

ALEXANDER, R.J. Sweeteners used in cereal products. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.10, p.835-836, 1997.

BAKER, B.A.; DAVIS, E.A.; GORDON J. The influence of sugar and emulsifier type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.67, p.451-457, 1990.

BALTSAVIAS, A.; JURGENS, A.; VAN VLIET, T. Large deformation properties of short doughs: effect of sucrose in relation to mixing time. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, v.29, p.43-48, 1999.

BEUCHAT, L.R. Microbial stability as affected by water activity. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.26, n.7, p.345-349, 1981.

BRASEQ. Parâmetros físicos relevantes ao processamento de alimentos. **Food Ingredients**, São Paulo, n.10, p.94-95, 2001. [Guia de fornecedores].

BUERA, M.P.; JOUPPILA, K.; CHIRIFE, J. Differential scanning calorimetry glass transition temperatures of white bread and mold growth in the putative glassy state. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.75, n.1, p.64-69, 1998.

CASEY, J.P. High fructose corn syrup: a case of innovation. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.22, n.2, p.49-55, 1977.

CHINACHOTI, P.; KIM-SHIM, M.S.; MARI, F.; CZUCHAJOWSKA, Z.; POMERANZ, Y. Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.66, n.4, p.305-309, 1989.

DAVIS, E.A. Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v.62, p.170S-177S, 1995.

DUNN, J.; BUSHNELL, A.; OTT, T.; CLARK, W. Pulsed white light food processing. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.7, p.510-515, 1997.

FESSAS, D.; SCHIRALDI, A. Texture and staling of wheat bread crumb: effects of water extractable proteins and 'pentosans'. **Thermochim. Acta**, Amsterdam, v.323, n.1/2, p.17-26, 1998.

GALLAGHER, E.; O'BRIEN, C.M.; SCANNELL, A.G.M.; ARENDT, E.K. Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.56, p.261-263, 2003.

GETEC Guanabara Química. **Xarope de frutose**. Resende: GETEC, 2002. 2p. [Boletim técnico].

GOMES, A.M.P.; MALCATA, F.X. Development of probiotic cheese manufactured from goat milk: response surface analysis via technological manipulation. **J. Dairy Sci.**, Savoy, v.81, n.6, p.1492-1507, 1998.

GUTKOSKI, L.C.; PAVANELLI, A.P.; MIRANDA, M.Z.; CHANG, Y.K. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.17, n.1, p.11-16, 1997.

HANOVER, L.M.; WHITE, J.S. Manufacturing, composition, and applications of fructose. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, n.58, p.724-732, 1993.

HAYMAN, D.; HOSENEY, R.C.; FAUBION, J.M. Bread crumb grain development during baking. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.75, n.5, p.577-580, 1998.

HE H., HOSENEY, R.C. Changes in bread and moisture during long-term storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.67, n.6, p.603-605, 1990.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 825p.

HOSENEY, R.C.; SMEWING, J. Instrumental measurement of stickiness of doughs and other foods. **J. Texture Stud.**, Trumbull, v.30, p.123-136, 1999.

HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural properties of starch in bread and bread model systems: Influence of an antistaling α -amylase. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.78, n.4, p.421-428, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 1976. v.1, p.371.

JAMES, C.P.C.; CHUNG, C.C. **Cane sugar handbook:** a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 11.ed., Hoboken, Hardcover, 1993. 1120p.

KOHYAMA, K.; NISHINARI, K. Effect of soluble sugar on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.39, p.1406-1410, 1991.

KALICHEVSKY, M.T.; JAROSZKIEWICZ, E.M.; BLANSHARD, J.M.V. A study of the glass transition of amylopectin-sugar mixtures. **Polymer**, Amsterdam, n.34, p.346-358, 1993.

LANNES, S.C.S.; GIOIELLI, L.A. Consistência de manteiga de cacau e seus sucedâneos comerciais: análise comparativa entre penetrômetro de cone e analisador de textura. In: CONGRESSO Y EXPOSICIÓN LATINOAMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE GRASAS Y ACEITES, Campinas, 1995. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 1995. p.229-233.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Chapman & Hall, 1998. 820p.

LEVINE, H.; SLADE, L. A polymer physicochemical approach to the study of commercial starch hydrolysis products (SHPs). **Carbohydr. Polym.**, Amsterdam, v.6, p.213-244, 1986.

LOMBARD, G.E.; WEINERT, I.A.G.; MINNAAR, A.; TAYLOR, J.R.N. Preservation of south african steamed bread using hurdle technology. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, Sidcup, v.33, p.138-143, 2000.

LORENZ, K.J.; KULP, K. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.639-679.

MAACHE-REZZOUG, Z.; BOUVIER, J.M.; ALLAF, K.; PATRAS, C. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.35, p.23-42, 1998.

MARÍN, S.; GUYNOT, M.E.; NEIRA, P.; BERNADÓ, M.; SANCHIS, V.; RAMOS, A.J. Risk assessment of the use of sub-optimal levels of weak-acid preservatives in the control of mould growth on bakery products. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.79, p.203-211, 2002.

MARÍN, S.; ABELLANA, M.; RUBINAT, M.; SANCHIS, V.; RAMOS, A.J. Efficacy of sorbates on the control of the growth of *Eurotium* species in bakery products with near neutral pH. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.87, p.251-258, 2003.

MARKOVA, N.; WADSO, L. A microcalorimetric method of studying mould activity as a function of water activity. **Int. Biodeterior. Biodegrad.**, Oxford, v.42, p.25-28, 1998.

MEINCKE, K. Fructose the natural sweetener with many advantages and characteristics. **Confectionary Produc.**, Oxford, v.52, n.8, p.519-521, 1986.

MINIM, V.P.R.; MACHADO, P.T.; CANAVESI, E.; PIROZI, M.R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.20 n.2, p.154-159, 2000.

NIELSEN, P.V.; RIOS, R. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.60, p.219-229, 2000.

OSBERGER, T.F.; OLINGER, P.M. Fructose gives desserts a glycemic advantage. **Baker's Digest**, Merrian, maio, 1985. p.30-32.

OVADIA, D.Z.; WALKER, C.E. Re-examination of the bread firming curve. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.48, n.4, p.137-144, 1996.

PONGSAWATMANIT, R.; THANASUKARN, P.; IKEDA, S. Effect of sucrose on RVA viscosity parameters, water activity and freezable water fraction of cassava starch suspensions. **ScienceAsia**, Bangkok, n.28, p.129-134, 2002.

ROSENKVIST, H.; HANSEN, A. Contamination profiles and characterisation of *Bacillus* species in wheat bread and raw materials for bread production. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, n.26, p.353-363, 1995.

ROSENTHAL, A.J. **Food texture: measurement and perception**. London: Chapman & Hall, 1999. 311p.

SAHLSTROM, S.; BRATHEN, E. Effects of enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling. **Food Chem.**, Amsterdam, v.58, n.1/2, p.75-80, 1997.

SAUSSELE Jr., H.; ZIEGLER, H.F.; WEIDEMAN, J.H. High fructose corn syrups for bakery applications. **Baker's Digest**, Merrian, jul./aug. 1983. p.26-28.

SEETHARAMAN, K.; CHINNAPHA, N.; WANISKA, R.D.; WHITE, P. Changes in textural, pasting and thermal properties of wheat buns and tortillas during storage. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, v.35, p.215-223, 2002.

SI, J.Q. Synergistic effect of enzymes for breadbaking. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.10, p.802-807, 1997.

SQUIRES, N.K.; D'ARCY, B.R.; CAFFIN, N.A. **Australian honey as a ingredient in white pan bread to retard staling**. In: AUSTRALIAN CEREAL CHEMISTRY CONFERENCE, Melbourne, 1997, p.42-46.

STAUFFER, C.E. Emulsifiers as antistaling agents. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.45, n.3, p.106-110, 2000.

STRAIT, M.J. **The effect of liquid or dry honey as a partial replacement for sugar on the baking and keeping qualities of fat reduced muffins**. Blacksburg, 1997. 175p. Thesis - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

VUILLEUMIER, S. Worldwide production of high-fructose syrup and crystalline fructose. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, n.58, p.115-118, 1993.

VYTRASOVÁ, J.; PRIBÁNOVÁ, P.; MARVANOVÁ, L. Occurrence of xerophilic fungi in bakery gingerbread production. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.72, p.91-96, 2002.

WALKER, G. **Breadmaking evaluation**, . 2002, University of Teesside. School of Science and Technology .of Food Science Laboratory.

Disponível em: <http://sss.tees.ac.uk/external/u0000504/Notes/labmenu.htm>.

Acesso em: 22 jun. 2002.

WARD, K.E.J.; HOSENEY, R.C.; SEIB, P.A. Retrogradation of amylopectin from maize and wheat starches. **Cereal Chem.**, St. Paul, n.71, p.150-155, 1994.

3. ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA EM PÃO TIPO HAMBÚRGUER COM SUBSTITUIÇÃO DE AÇÚCAR E GORDURA

Resumo: O processo de envelhecimento de pães (retrogradação) vem sendo pesquisado há mais de 150 anos através de diferentes técnicas experimentais. Vários ingredientes, maquinários e processos industriais são utilizados, em pães assados, para minimizar perdas resultantes do endurecimento, esfarelamento e alterações de sabor com o passar do tempo. Este trabalho objetivou comparar diferentes formulações de pães tipo hambúrguer, com substituição do açúcar e gorduras tradicionais por Polidextrose, Sucralose e Benefat[®], e seu perfil de textura (TPA), descrito através do uso do texturômetro TA-XT2. O uso combinado desses ingredientes contribuiu para a melhoria da qualidade e a metodologia empregada mostrou-se útil para o acompanhamento da vida de prateleira de produtos panificados.

ABSTRACT: The mechanism of bread staling has been studied for 150 years using different experimental approaches. Many ingredients, machinery and processes have been used in baked breads to reduce losses that lead to hardening, crumbliness and changes in sensory properties of baked products. This work compared different hamburger buns recipes with substitution of sucrose and fat for Polydextrose, Sucralose and Benefat[®] and its Texture Profile

Analyses (TPA) is described using TA-XT2 texturometer. These ingredients contributed to the improvement of quality and the methodology was a useful tool to investigate changes during storage of bakery products.

3.1. Introdução

A reologia é o estudo da mecânica da deformação permanente ou temporária dos materiais sólidos e líquidos. No processamento, os alimentos são submetidos a forças como tensão e cisalhamento durante operações de redução de tamanho, prensagem, extrusão, aquecimento e resfriamento (HOSENEY, 1994). A textura pode ser definida como todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto que sejam perceptíveis por meios instrumentais e sensoriais (ROSENTHAL, 1999). Afeta o processamento, manuseio, conservação e aceitabilidade do produto. A textura de alimentos tem sido reconhecida como um parâmetro sensorial multi-dimensional (LAWLESS, 1998).

Análises sensoriais incluem cheiro, sabor, som e toque. A avaliação de textura pelo tato inclui o uso dos dedos, lábios, língua, palato e dentes. Como é de se esperar, métodos sensoriais estão sujeitos a uma grande variabilidade, que pode ser reduzida com a utilização de painéis treinados. Algumas vezes o uso de análise instrumental é preferível, pela possibilidade de realizar os ensaios em condições adequadas de controle.

A avaliação do Perfil de Textura ou *Texture Profile Analysis* (TPA) por métodos instrumentais tem sua origem nos primeiros ensaios imitativos descritos a partir de 1938, tendo resultado na construção de aparelhos como o General Foods Texturometer (1963) e o Instron Universal Testing Machine (1968), que se tornou padrão na avaliação de textura. Podem ser citados, ainda, outros compressímetros como o Precision Penetrometer, Texture

Analyzer, Q-Test, Wheat Research Institute Chomper e Bloom Gelometer (SZCZESNIAK, 1963, 1998; BAKER *et al.*, 1986, 1987, 1988; GRAY & BEMILLER, 2001, HIBBERD & PARKER, 1985; KAMEL & RASPER, 1986, 1987; LORENZ & DILSAVER, 1982; PONS & FISZMAN, 1996; REDLINGER *et al.*, 1985).

A análise descritiva quantitativa (QDA), desenvolvida nos anos 70, é um método utilizado para descrever as características de aparência, aroma, textura e sabor dos alimentos (STONE *et al.*, 1974).

Há concordância entre os autores que o envelhecimento do pão é um processo complexo e ainda não entendido completamente. Muitos modelos foram propostos ao longo de 150 anos de pesquisas desse fenômeno. A retrogradação do amido (amilose e amilopectina) da farinha (LEE *et al.*, 2001; MARTIN *et al.*, 1991, OVADIA & WALKER, 1996) é insuficiente para explicar as alterações de paladar e textura ocorridas em produtos panificados logo após a cocção e durante o armazenamento (aumento da dureza, amolecimento da crosta, esfarelamento do miolo e ressecamento da massa) (D'APPOLONIA, 1984; KULP & PONTE, 1981; ROGERS *et al.*, 1988; HOSENEY & HE, 1990; SIDHU, 1997; SEETHARAMA, 2002).

Evidências se acumulam e são corroboradas por vários trabalhos que se utilizaram de técnicas de análise: XRD (X-ray diffraction) (KADAN *et al.*, 2001), DSC (*differential scanning calorimetry*) (CZUCHAJOWSKA & POMERANZ, 1989; SCHIRALDI *et al.*, 1996, ZELEZNAK & HOSENEY, 1986), IMC (*isothermal microcalorimetry*, TGA (*thermogravimetric analysis*), TMA (*dynamic mechanical analysis*), DMTA (*dynamic mechanical thermal analysis*), CP-MAS (*cross-polarization magic-angle spinning*), DTA (*differential thermal analysis*), MRI (*magnetic resonance imaging*) (RUAN *et al.*, 1996), NIRS (*near infrared reflectance spectroscopy*) (OSBORNE, 1998; XIE, 2002), NMR (*nuclear*

magnetic resonance) (SEOW & TEO, 1996) e apontam na direção em que as alterações estão relacionadas principalmente com as interações amido-amido mas, também, com as interações que ocorrem entre outros componentes (carboidratos, proteínas, gorduras, sal), além de alterações na migração da água (PIAZZA, 1995), temperaturas de armazenamento e transição vítrea (BAIK & CHINACHOTI, 2000; JAGANNATH *et al.*, 1999; PISESOOKBUNTERNG *et al.*, 1983).

FIGURA 1 Solução aquosa de Polidextrose

Muitos ingredientes e coadjuvantes têm sido testados isoladamente ou em combinação para minimizar estes efeitos: emulsificantes (lecitinas, SSL, DATEM, MG, POEMS, GMS) (GIESE, 1996; STAUFFER, 2000), enzimas (amilases, proteases, pentosanases, glicose-oxidase, celulasas, lipases) (EERLINGEN *et al.*, 1994; HUG-ITEN *et al.*, 2001, MORGAN *et al.*, 1997; ROSELL *et al.*, 2001, SAHLSTRÖM & BRÄTHEN, 1997; SI, 1997), açúcares (frutose, glicose, maltose, maltotriose, mel) (SQUIRES *et al.*, 1998), polióis (sorbitol, manitol), hidrocolóides (pentosanas, galactomanas, alginatos, xantanas) (FESSAS & SCHIRALDI, 1998; YACKEL, 1992), proteínas

(albuminas, glúten) (ALEXANDER, 1995; ANTES & WIESER, 2001; EVERY *et al.*, 1998; GERRARD *et al.*, 2001).

Entre os ingredientes utilizados para a redução calórica está a Polidextrose, reconhecida pela sua versatilidade como agente de corpo e melhorador de textura (ADA, 1998; FREEMAN, 1982; YACKEL, 1992). A Sucralose é um edulcorante intenso de nova geração (BARNDT & JACKSON, 1990; HOLLINGSWORTH, 2002; NABORS, 2002; WIET & BEYTS, 1992); e Benefat[®], também reconhecido como um lipídio estruturado de baixo valor calórico (BUSETTI, 1995; DANISCO, 2002; GIOIELLI, 2002; HUANG *et al.*, 1994; IFT, 1998; SHUKLA, 1998; SMITH *et al.*, 1994).

FIGURA 2 Benefat[®] (Salatrim)

De acordo com BRAMESCO & SETSER (1990), a avaliação da textura, em produtos panificados, no passado, ficou restrita à descrição da aparência. Outros trabalhos, com bolos, dão importância à estrutura do miolo, maciez e umidade em relação à qualidade geral.

Em pães, algumas escalas foram criadas para medir o “pão fresco” em um extremo e “pão envelhecido” em outro. GRAY & BEMILLER (2001) assinalam métodos mais recentes para avaliação de textura. Os métodos AACC-2000 avaliam mudanças na dureza de pães utilizando o Baker's Compressimeter (Method 74-10A) ou o Instron Universal Testing Machine (Method 74-09).

O perfil de textura (TPA) foi avaliado por SQUIRES *et al* (1998) em pães com adição de mel e por KADAN *et al* (2001) em pães de arroz, em comparação com amostras de pães integrais produzidos, ambos, em máquina caseira (*bread machine*), utilizando texturômetro TA-XT2.

De forma análoga, CARSON & SUN (2001) avaliaram a textura de amostras comerciais de pães de forma (*whole wheat, rye, pumpernickel, whole grain*), utilizando equipamento DMA (dynamic mechanical analysis) 7e, Perkin-Elmer.

A Figura 3 e o Quadro 1 apresentam algumas definições, técnicas e referências utilizadas para avaliação do perfil de textura de alimentos

(GUTKOSKI, 1997; LANNES & GIOIELLI, 1995; TTC, 2003).

FIGURA 3 Representação gráfica dos parâmetros de textura em texturômetro TA-XT2 (Stable MicroSystems)

QUADRO 1 Definições e técnicas sensoriais – baseado em MEULLENET & GROSS (1999)

Atributo	Definição	Técnica
Elasticidade	Facilidade com que a amostra retorna à posição original.	Comprimir parcialmente a amostra com os molares e soltar.
Dureza	Força necessária para comprimir a amostra.	Colocar a amostra entre os molares e morder totalmente.
Fraturabilidade	Força necessária para romper ou fraturar a amostra.	Morder a amostra com os molares até rompimento.
Coesividade	Forças que mantêm a amostra íntegra ou coesa.	Comprimir totalmente a amostra entre os molares.
Mastigabilidade	Número de mastigações necessárias antes da deglutição.	Mastigar a amostra à taxa de uma compressão por segundo.
Adesividade	Força necessária para superar a atração entre o alimento e o palato.	Remover o alimento do palato com a língua.

O objetivo deste trabalho é avaliar os três ingredientes descritos que, pelas suas características, são potencialmente interessantes para o desenvolvimento de produtos com reduzido valor calórico, mas que também podem apresentar alguma influência no mecanismo de retrogradação e textura em produtos panificados.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 – Material

Foi utilizada farinha de trigo especial marca Sol, adquirida em um único lote e armazenada em câmara fria a -18°C , apresentando 14% umidade, glúten úmido 30% e 0,5% cinzas máx (de acordo com laudo de análise do fabricante); fermento biológico fresco prensado marca Itaiquara, armazenado em geladeira a 7°C ; sal refinado de mesa marca Cisne; açúcar refinado marca União; gordura vegetal hidrogenada tipo Mesa H – Refino de Óleos Brasil; enzima alfa-amilase fúngica Grindamyl, Danisco A4000 diluída com malto-dextrina 1:1000; propionato de cálcio (antimofo) marca Krishna Organic; Benefat da Danisco, Polidextrose (Litesse) e Sucralose (Splenda) da Tovani Benzaquen.

3.2.2 – Preparo das amostras

A massa foi preparada pelo sistema de massa direta (KULP & PONTE, 2000; PYLER, 1988), onde todos os ingredientes são misturados de uma só vez, sem pré-fermentação (esponja) e sem descanso intermediário, em batedeira planetária Kitchen-Aid (MANI *et al* 1992), e os pães assados em forno elétrico padrão de acordo com as formulações da Tabela 1 e Fluxograma da Figura 4.

TABELA 1. Formulações utilizadas para o teste experimental de panificação

Receita nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingrediente (g)	padrão											
farinha de trigo	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
água	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
açúcar	100	0	0	0	50	100	100	100	0	0	0	50
gordura	60	0	0	60	60	0	30	0	0	60	60	30
sal	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
fermento	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
enzima	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
propionato	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Benefat	0	60	60	0	0	60	30	30	0	0	0	30
Polidextrose	0	50	100	100	50	0	0	0	0	0	25	50
Sucralose	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0

Fluxograma do processo

FIGURA 4 Fluxograma utilizado para o teste de panificação

3.2.3. Análise do perfil de textura (TPA)

Os pães foram embalados em sacos plásticos de polietileno comum 0,5mm e estocados em estufa BOD, em prateleiras individuais, para garantia da manutenção do volume original, evitando-se amassamento, com temperatura controlada a 20°C. LORENZ (1982) salienta que variações na temperatura de estocagem podem produzir diferenças consideráveis nos resultados de dureza.

As análises foram iniciadas no 2º dia de armazenamento, para redistribuição de umidade na massa, durante 10 dias consecutivos - tempo de prateleira para este tipo de produto - tomando-se, pelo menos, 10 pães de cada formulação, considerando-se a existência de desvio padrão alto para pães assim formulados.

Foi utilizado o texturômetro TA.XT2 (Stable Micro Systems, UK) nos seguintes parâmetros: *probe compression platens* P/100 Ø 100mm, dupla compressão 2,0 mm/s, distância 40%, teste de ruptura 1,0%, força 100g, tempo 5s. As amostras foram mantidas na embalagem original e retiradas de forma aleatória, uma a uma, para evitar ressecamento da crosta se exposta ao ambiente, o que também pode interferir no resultado de textura, devido à sensibilidade do equipamento. Portanto, a leitura foi efetuada o mais rapidamente possível (Figuras 16 e 17).

3.2.4. Análise Sensorial

Foi realizado um teste de aceitação com as formulações 3 (Polidextrose) e 1 (Padrão) para uma população local constituída por 50 provadores, homens e mulheres (60%), com idades entre 18 e 45 anos, consumidores habituais deste tipo de produto, considerando-se nota de 0 a 10 para Aceitabilidade Geral (LAWLESS & HEYMANN, 1998).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Dureza

A Figura 5 mostra os gráficos de dureza em relação ao tempo de armazenamento. A Tabela 2 e a Figura 6 comparam todos os valores nos dias 1º e 10º (fim da estocagem), mostrando que há concordância com a literatura (HOSENEY, 1990; BAIK & CHINACHOTI, 2000) que, devido às transformações ocorridas entre os ingredientes e, principalmente, à retrogradação do amido, ocorre aumento na dureza da massa com o passar dos dias.

No processo de mistura (batimento da massa), os ingredientes (açúcar, sal, fermento) são incorporados à farinha, juntamente com a água, de forma não uniforme, apesar da forte agitação, uso de misturador adequado e tempo de desenvolvimento do glúten controlados.

Durante o processo de fermentação (crescimento da massa), ocorre a formação de bolhas de gás carbônico e compostos voláteis que, juntamente com a água, durante o processo de cocção, expandem de forma acentuada, formando com o amido gelatinizado e proteínas, miolo com alvéolos de tamanhos variados.

Esses “colchões” de ar podem representar, em uma mesma formulação, variações altas na leitura dos valores de dureza e influenciar, também, os outros parâmetros de textura.

XIE *et al.* (2003) comparam duas metodologias para avaliar os efeitos da retrogradação em pães: em texturômetro TA-XT2 e espectroscopia de refletância (NIRS), preferindo esta última por apresentar maior acuidade, menor desvio padrão e ensaio não destrutivo.

FIGURA 5. Gráficos da dureza (gf) x tempo de armazenamento (dias) para todas as formulações

Uma quantidade equivalente de Benefat (formulação 6) em relação à gordura (formulação 1) mostrou-se insuficiente no quesito dureza, isto é, ajudou pouco na maciez. Um resultado melhor é obtido quando associada à gordura normal e à Polidextrose (formulações 3 e 12).

A adição de Polidextrose em quantidade acima de 5% em relação à farinha (formulações 3, 5 e 12) foi favorável para a redução da dureza.

FIGURA 6 Variação nos valores de dureza entre as formulações 1º e 10º dias

A sucralose sozinha, parece não exercer qualquer efeito nos parâmetros de textura influenciando, contudo, diretamente, na substituição da sacarose (formulações 10 e 11) levando ao aumento da dureza e redução acentuada da cor, já que não ocorre reação de caramelização que, juntamente com a reação de Maillard, são responsáveis pela coloração, principalmente da crosta.

TABELA 2 Médias e desvios para os parâmetros dureza e coesividade

receita	Dureza (gf)		coesividade	
	1º dia	10º dia	1º dia	10º dia
1	888,67±46,6	1527,32±66,0	0,53±0,01	0,42±0,00
2	584,43±19,8	2282,62±76,4	0,45±0,03	0,36±0,01
3	768,66±35,36	1045,92±90,7	0,48±0,01	0,39±0,01
4	636,52±34,49	1917,45±69,1	0,52±0,01	0,42±0,01
5	366,63±41,97	1351,55±69,3	0,45±0,03	0,37±0,01
6	1301,47±120,9	3711,02±99,9	0,49±0,02	0,39±0,01
7	1156,48±91,6	3346,62±159,2	0,53±0,01	0,43±0,03
8	1518,90±72,1	4717,93±195,1	0,52±0,01	0,42±0,02
9	2060,21±99,4	6712,35±150,0	0,62±0,02	0,32±0,01
10	1431,40±31,3	5238,34±104,8	0,54±0,01	0,33±0,01
11	1456,60±91,8	3910,11±118,1	0,58±0,01	0,43±0,01
12	842,11±41,0	1314,30±105,2	0,52±0,01	0,42±0,01

Em todos os parâmetros de textura analisados (Tukey), comparando-se o 1º e o 10º dia, todas as amostras apresentaram variação significativa $p < 0,05$

Devido à não adição de qualquer tipo de açúcar e gordura, a formulação 9 apresentou o pior desempenho, atingindo os extremos de dureza ao final do tempo de armazenamento, comprovando a utilidade desses ingredientes na qualidade final dos pães.

A análise do perfil de textura (TPA), utilizando o texturômetro TA-XT2, é discutida em alguns trabalhos.

SQUIRES *et al.* (1998) afirmam que a adição de 3% de mel em relação à farinha de trigo em pães de forma retarda significativamente a retrogradação da massa por pelo menos 12 horas quando comparada com amostras contendo 3% de sacarose somente, em testes de compressão com probe plano de 36 mm de diâmetro e cone de 5 mm.

MEULLENET & GROSS (1999) comparam o perfil de textura de 24 alimentos, avaliados de forma instrumental e por painel treinado. Encontram modelo preditivo para os parâmetros dureza, coesividade e fraturabilidade. O mesmo não ocorre para elasticidade e mastigabilidade.

KENNY *et al.* (2000) avaliando a dureza do miolo de pães de forma produzidos com adição de derivados lácteos e leitura em texturômetro TA-XT2i e probe cilíndrico de alumínio de 20 mm, com leituras após 3 h, 1 dia e 2 dias, encontram valores crescentes de dureza de 100 gf até 800 gf dependendo do ingrediente empregado e tempo de armazenamento. Verificam que alguns compostos ajudam na maciez e outros apresentam ação deletéria.

MAO & FLORES (2001) pesquisam a textura de tortillas utilizando o probe TA-108 avaliando a força aplicada até o completo estiramento ou rompimento da massa, verificando correlação entre a força aplicada e a quantidade de amido modificado nas farinhas utilizadas nas formulações.

KADAN *et al.* (2001) utilizando o probe circular de 25 mm determinam a dureza, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resistência de amostras comerciais de pães integrais com farinha e farelo de arroz e comparadas com formulação similar, produzida em laboratório, utilizando máquina automática de pães

bread machine, confirmando aumento na dureza e perda de resistência e elasticidade com o passar do tempo, quando armazenados durante 7 dias.

LIMA *et al.* (2002) assinalam um aumento significativo na dureza e mastigabilidade de pães de forma, cortados em cubos, preparados com adição de farelo de arroz em substituição parcial da farinha de trigo em concentrações de 10% e 20% em relação a um controle sem farelo. Utilizando os probes de alumínio plano de 38,1 mm de diâmetro e cilíndrico de acrílico de 6,2 mm observam, ainda, que não houve variação significativa para os parâmetros coesividade e elasticidade.

BARRET *et al.* (2002) produzem pães com gomas, oxidantes e redutores de farinha e emulsificantes, destinados à ração militar, armazenados em temperaturas de 4, 21 e 38 °C e estocados durante 0, 2, 6 e 12 semanas, avaliando o perfil de textura (TPA) durante esse período. Encontram aumento nos valores de dureza e mastigabilidade e redução da elasticidade e coesividade durante o armazenamento. Comparado com um controle sem aditivos, as amostras contendo ésteres de sacarose e condicionadores de massa, melhoram os parâmetros de textura.

SEETHARAMAN *et al.* (2002) avaliam a dureza em amostras comerciais de pães para hambúrguer e *tortillas* armazenados durante 8 dias. Nos ensaios utilizam probe cilíndrico de 50 mm de diâmetro e 40% de compressão. Encontram valores crescentes para a dureza relacionando as mudanças de textura, também, ao aumento da cristalização e modificações no amido com o aumento no tempo de estocagem.

CROWLEY *et al.* (2002) estudam a adição de massa azeda (cultura láctica de *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus pontis* em combinação com *Saccharomyces cerevisiae*) em substituição a 20% e 40% da massa de pão de forma comum em relação a um controle e as mudanças reológicas ocorridas durante armazenamento a 25 °C durante 4, 26, 50 e 74 horas. Observam o aumento da dureza da crosta e do

miolo com o passar do tempo. A adição de 20% de massa ácida ajuda a retardar a retrogradação.

HAROS *et al.* (2002) observam que a adição de carbohidrases (celulase, xilanase e β -glucanase) em de pão de forma, comparadas com controle, reduzem a dureza das amostras em até 29% durante 6 dias de armazenamento.

HE & HOSENEY (1990) preparam amostras esterilizadas de pães de forma em combinação com propionato de cálcio, armazenando-as durante 1 ano a 25 °C e umidade inicial de 41%. Observam valores de dureza iniciais de 240 gf, crescimento rápido nos primeiros 15 dias, pico de 2400 gf após 30 dias e estabilização após 180 dias, não havendo nenhuma mudança significativa até o final da estocagem.

SIDHU *et al.* (1997) avaliam a dureza de amostras comerciais de pães árabes *khaboos* armazenados em embalagens plásticas durante 4 dias a 22 °C. Utilizando probe com diâmetro de 4 mm, encontram valores iniciais de 5,527 até 7, 421 N ao final da estocagem.

3.3.2. Coesividade

São poucos os trabalhos que discutem a coesividade em produtos panificados. Alguns autores pesquisam o papel que alguns ingredientes e/ou processo possam exercer na estrutura de géis, pastas de amido, produtos à base de carnes, soja, macarrão instantâneo cozido, doces e laticínios (LOFGREN, 2000).

A manutenção da coesividade em derivados de trigo está relacionada, principalmente, às interações moleculares como pontes de hidrogênio e dissulfeto exercida pelas proteínas em ligações cruzadas e íons como Na^+ e Ca^{2+} (HOSENEY, 1994).

A Figura 7 mostra os gráficos de coesividade em relação ao tempo de armazenamento. A Tabela 2 e a Figura 8 comparam todos os valores nos dias 1º e 10º (fim da estocagem). Observa-se uma redução nos valores de coesividade em todas as formulações, ocasionada pela perda de “liga” da massa, ressecamento e tendência ao esfarelamento da crosta e miolo, com o passar do tempo.

Durante o processo de batimento da massa ocorre a incorporação da água à farinha e o desenvolvimento do glúten. As pontes dissulfeto, hidrogênio e ligações iônicas

(adição de sal) mantém a coesividade e garantem a retenção de voláteis durante a cocção.

FIGURA 7 Gráficos da coesividade x tempo de armazenamento (dias) para todas as formulações.

No período de armazenamento ocorrem mudanças nessas ligações (migração de água, cristalização do amido, hidrólise da gordura) levando a um desarranjo gradual da estrutura.

A utilização de açúcares (sacarose e Polidextrose) melhora a coesividade e a retirada destes (formulações 9 e 10) piora o estado de agregação da massa. A adição de gordura melhora a maciez (menor dureza) mas, em excesso, reduz a coesividade (“massa podre”).

FIGURA 8 Variação nos valores de coesividade entre as formulações 1º e 10º dias

HAROS *et al.* (2002) observam que a adição de xilanases em pão de forma, comparadas com o controle, melhoram a coesividade e não altera a elasticidade das amostras durante o armazenamento. A presença de celulase ou glucanase não modifica a coesividade.

.3.3. Elasticidade

CROWLEY *et al.* (2002) observam diminuição da elasticidade de massas de pão de forma durante o armazenamento.

A Figura 9 mostra os gráficos de elasticidade em relação ao tempo de armazenamento. A Tabela 3 e a Figura 10 comparam todos os valores nos dias 1º e 10º (fim da estocagem).

Ocorre em todas as avaliações uma redução da elasticidade da massa com o passar dos dias. Uma avaliação subjetiva da elasticidade, o chamado *squeeze test*, é normalmente feita pelo consumidor no ponto de venda, e consiste em apertar ligeiramente com os dedos a massa assada para verificar quão facilmente esta retorna ao formato original.

Em pães de forma pode-se dobrar suavemente a fatia em quatro e soltá-la em uma superfície plana – mesa por exemplo – e observar a velocidade de retorno “*smart test*”. Pães com pouca elasticidade tendem a partir-se ou sofrer ruptura irreversível.

FIGURA 9 Gráficos de elasticidade (mm) x tempo de armazenamento (dias) para todas as formulações.

No texturômetro, para o parâmetro elasticidade, observa-se uma boa correlação entre a perda da elasticidade e o aumento no tempo de estocagem. A adição de proteínas, por exemplo glúten isolado do trigo, melhora a elasticidade final dos pães.

A adição de Polidextrose e Benefat (Figuras 9 e 10) favoreceram o aumento da elasticidade (formulações 3, 11 e 12).

FIGURA 10 Variação nos valores de elasticidade entre as formulações 1º e 10º dias.

3.3.4.. Mastigabilidade

A Figura 11 mostra os gráficos de dureza em relação ao tempo de armazenamento. A Tabela 3 e a Figura 12 comparam todos os valores nos dias 1º e 10º (fim da estocagem).

FIGURA 11 Gráficos de mastigabilidade (gf.mm) x tempo de armazenamento (dias) para todas as formulações

Este é um parâmetro de textura facilmente correlacionado com análise sensorial através de painéis treinados. O aumento dos valores de mastigabilidade foi observado em todas as formulações. Trabalhos anteriores (BRAMESCO & SETSER, 1990) demonstraram que pães envelhecidos e, portanto, mais “secos” ao paladar, necessitam de maior salivação e número maior de mastigações antes da deglutição. O enrijecimento da massa provoca, também, maior necessidade de trabalho mecânico e movimentação na boca.

FIGURA 12 Variação nos valores de mastigabilidade entre as formulações 1º e 10º dias.

Concordando com os parâmetros anteriores, os melhores valores de mastigabilidade foram obtidos para a formulação 3 (maior teor de Polidextrose e Benefat) e pior resultado para a formulação 9 (sem açúcar e gordura) (Figura 11). CROWLEY *et al.* (2002), também, relatam o aumento dos valores de mastigabilidade para pães de forma com adição de massa azeda durante o armazenamento, exigindo maior energia para a desintegração das amostras na boca.

3.3.5. Adesividade

Na massa crua, a Polidextrose aumentou de forma significativa a pegajosidade da massa. Após o forneamento, no entanto, este efeito não se manteve. A adição de gordura ou do Benefat aumentou a lubrificação e reduziu a adesividade.

A Figura 13 mostra os valores de adesividade em relação ao tempo de armazenamento.

FIGURA 13 Gráficos de adesividade (g.s^{-1}) x tempo de armazenamento (dias) para todas as formulações.

Esse parâmetro, quando comparados com os anteriores, foi o que apresentou maior variação (Figura 14 e Tabela 3).

ARMERO & COLLAR (1997) estudam os efeitos da adição de diferentes tipos de farinha no processo de fabricação de pães, bem como a adição de emulsificantes, hidrocolóides e enzimas. Correlacionam os parâmetros para análise de textura (TPA) com ênfase na adesividade ou pegajosidade da massa crua. Sugerem que a adesividade de massas de trigo está relacionada com o ácido ferúlico esterificado com carboidratos.

MARTÍNEZ-ANAYA & JIMÉNEZ (1998) investigam combinações de enzimas (amilases, xilanases/pentosanases, lipases e glicose-oxidase) em massa crua de pão atribuindo a pegajosidade ou adesividade às condições do processo, compostos hidrosolúveis, atividade amilolítica e proteolítica, amido danificado, grau de extração da farinha, conteúdo de pentosanas e concentração de açúcares e gorduras na formulação.

São poucas as referências anteriores para avaliação de adesividade em produtos panificados. Pode-se dizer que os valores encontrados, $2,0 \text{ gf.s}^{-1}$ para o pão de hambúrguer, no máximo, são pequenos quando comparados com outros alimentos. LAI (2001) encontrou valores de adesividade para arroz cozido entre $4,5$ a 11 gf.s^{-1} .

FIGURA 14 Variação nos valores de adesividade entre as formulações 1º e 10º dias.

TABELA 3 Médias e desvios para os parâmetros elasticidade, mastigabilidade e adesividade.

Formulação	Elasticidade		Mastigabilidade (gf.mm)		Adesividade (gf.s ⁻¹)	
	1º dia	10º dia	1º dia	10º dia	1º dia	10º dia
1	0,90±0,01	0,76±0,02	206,49±50,5	564,2±32,0	1,0±0,616	0,8±0,415
2	0,77±0,03	0,74±0,01	212,45±30,0	674,17±1,0	1,04±0,52	1,30±0,43
3	0,93±0,02	0,86±0,02	340,23±16,7	494,24±20,9	1,31±0,71	0,70±0,28
4	0,93±0,04	0,86±0,03	293,12±26,5	537,45±16,3	1,92±0,55	1,34±0,40
5	0,86±0,05	0,76±0,03	182,89±44,9	519,48±15,9	1,04±0,66	1,62±0,77
6	0,90±0,04	0,80±0,01	592,31±28,0	1129,81±55,3	0,57±0,60	1,03±0,50
7	0,92±0,05	0,78±0,02	523,26±14,7	717,79±20,5	0,57±0,48	0,73±0,15
8	0,91±0,01	0,72±0,01	586,06±41,3	958,91±33,2	0,57±0,22	0,51±0,15
9	0,91±0,01	0,71±0,01	1160,44±83,2	2839,43±108,2	0,43±0,28	0,45±0,25
10	0,92±0,01	0,71±0,02	710,15±21,6	2021,57±103,0	0,30±0,30	0,28±0,23
11	0,91±0,01	0,88±0,03	859,38±50,9	1337,43±23,2	0,50±0,58	0,67±0,12
12	0,92±0,02	0,83±0,02	381,88±28,9	516,65±24,5	0,48±0,15	0,58

Em todos os parâmetros de textura analisados (Tukey), comparando-se o 1º e o 10º dia, todas as amostras apresentaram variação significativa $p < 0,05$.

3.3.6. Análise Sensorial

Na comparação entre a Polidextrose, maior maciez, (formulação 3) com o Padrão (formulação 1), em ensaio de Aceitabilidade Geral, verificou-se que o Padrão obteve a preferência em sabor e cor da crosta (notas 8,0 e 6,0, respectivamente). Alguns provadores relataram que os pães com Polidextrose ficaram muito elásticos (“borrachudos”), o que exigia mais mastigação; e a coloração muito clara e menos atraente. Um ajuste, portanto, na quantidade de Polidextrose deve ser efetuado e, talvez, seja recomendado seu uso em combinação com a sacarose, (Figura 15), justificando os resultados obtidos nas análises de perfil de textura.

FIGURA 15 Média das respostas para Preferência entre o Padrão (formulação 1) e Polidextrose (formulação 3)

3.3.7. Análise de Perfil de Textura em produtos comerciais

A Tabela 4 mostra o Perfil de Textura (TPA) para pão de hambúrguer, de dois fabricantes locais, com três dias de armazenamento, cuja formulação se aproxima bastante do Padrão utilizado nesse trabalho. Observa-se que os valores são coerentes com os acima referidos.

TABELA 4 Perfil de Textura (TPA) de pão de hambúrguer comercial

Atributo	Pullman*	Wickbold*
Dureza (gf)	2473,90 ± 84,46	2336,03 ± 134,77
Adesividade (g.s ⁻¹)	0,720 ± 0,212	1,400 ± 0,883
Elasticidade (mm)	0,815 ± 0,014	0,860 ± 0,024
Coesividade	0,566 ± 0,102	0,563 ± 0,012
Mastigabilidade (gf.mm)	1143,40 ± 231,45	1131,22 ± 91,99
(*) Marcas locais (3 ^o dia de armazenamento)

FIGURA 16 Gráfico de dureza da formulação 7 no 9º dia de armazenamento

FIGURA 17 Texturômetro TA-XT (Stable Micro Systems)

4.4. CONCLUSÕES

A Análise do Perfil de Textura (TPA) mostrou ser um método válido para avaliações da influência de ingredientes em produtos panificados, bem como o acompanhamento da vida de prateleira.

A Polidextrose, Sucralose e Benefat mostraram-se promissores para o desenvolvimento de produtos para fins dietéticos e/ou com calorias reduzidas, quando utilizados isoladamente ou em combinação com outros substitutos de açúcares e gorduras.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Use of fat replacers. **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.98, p.436-468, 1998.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Use of nutritive and nonnutritive sweeteners: position of American Dietetic Association. **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.98, p.580-587, 1998.

ALEXANDER, R. J. Fat replacers based on starch. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.40, n.5, p.366-368, 1995.

ANTES, S., WIESER H. Effects of high and low molecular weigh glutenin subunits on rheological dough properties and breadmaking quality of wheat. **Cereal Chem**, St.Paul, v. 78, n.2, p.157,159, 2001.

ARMERO, E.; COLLAR, C. Texture properties of formulated wheat doughs. Relationship with dough and bread technological quality. **Z Lebensm Unters Forsch A**, Freising ,v.204, p.136-145, 1997.

BAIK, M.Y., CHINACHOTI, P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.77, n.4, p.484-488, 2000.

BAKER, A. E., W.T. DOERRY, KEMP, K.. Graphical presentation of Instron factors on crumb firmness. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.31, n.3, p.262-268, 1986.

BAKER, A . E., PONTE, J. G. Jr. Measurement of bread firmness with the Universal Testing Machine. **Cereal Foods World** , St. Paul, v.7, n.32, p.491-493,1987.

BAKER, A. E. , WALKER, C.E., KEMP, K. An optimum compression depth for measuring bread crumb firmness. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.65, n.4, p.302-307, 1988.

BARNDT, R. L., JACKSON G. Stability of sucralose in baked goods **Food Technol.**, Chicago, v.44, n.1, p.62-66, 1990.

BARRET, A .; CARDELLO, A .; MAGUIRE, P.; RICHARDSON, M.; KALENTUNC, G.; LESHER, L. Effects of sucrose ester, dough conditioner, and storage temperature on long-term textural stability of shelf-stable bread. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.79, n.6, p.806-811, 2002.

BRAMESCO, N. P., SETSER C. S. Application of sensory texture profiling to baked products: some considerations for evaluation, definition of parameters and reference products **J. Texture Stud.**, Trumbull, v.21, n.1, p.235-251,1990.

BUSETTI, M. Building better reduce-fat baked goods and snacks. **Prep. Foods**, v.164, n. 8, p.77-78, 1995.

CARSON, L., SUN, X.S. Creep-recovery of bread and correlation to sensory measurements of textural attributes. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.78, n.1, p.101-104, 2001.

CROWLEY, P.; SCHOBER, T.; CLARKE, C.I.; ARENDT, E.K. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. **Eur. Food Res. Technol.**, Freising, v.214, p.489-486, 2002.

CZUCHAJOWSKA, Z. POMERANZ, Y. Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.66, n.4, p.305-309,1989.

DANISCO CULTOR Benefat Ingredients for Healthful Nutrition - Catálogo do fabricante, 2002. [Internet:<http://www.daniscocultor.com>].

D'APPOLONIA, B.D. Factor for consideration in bread staling. In: International Symposium on Advances in Baking Science and Technology, Kansas State University, Manhattan, KS, 1984.

EERLINGEN, R.C., VAN HAESSENDONCK, I.P., DE PAEPE, G., DELCOUR, J.A . Enzyme-resistant starch.III.The quality of straight-dough bread containing varying levels of enzyme-resistant starch. **Cereal Chem.**, St. Paul, v. 71, n.2, p.165-170, 1994.

EVERY, D., GERRARD, J. A . GILPIN, M.J., ROSS, M., NEWBERRY, M.P. Staling in starch bread: the effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.50, n.10, p.443-446, 1998.

FESSAS, D., SCHIRALDI, A . - Texture and staling of wheat bread crumb: effects of water extractable proteins and 'pentosans'. **Thermochimica Acta**, v.323, p.17-26 – Elsevier Science Ltd., 1998.

FISZMAN, S. M. , DAMÁSIO M. H. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. **J. Texture Stud.**, Trumbull, v. 31, n.1, p.69-91, 2000.

FREEMAN, T. M. Polydextrose for reduced calorie foods **Cereal Foods World**, St. Paul, v.27, n.10, p.515-518, 1982

GERRARD, J. A ., ABBOT, R.C., NEWBERRY, M.P., GILPIN, M.J., ROSS, M., FAYLE, S.E. The effect of non-gluten proteins on the staling of bread. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.53, p.278-280, 2001.

GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers, **Food Technol.**, Chicago, v.50,n.4, p.78-83, 1996.

GIOIELLI, L.A, Lipídios Estruturados. In: CURI R., POMPEIA C., MIYASAKA C. K., PROCÓPIO J., **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**, Barueri, Manole Ltda., cap.33, p. 457-465, 2002, 580p.

GRAY, J.A ., BEMILLER, J.A . Bread staling: molecular basis and control. **IFT Institute of Food Technologists**, Chicago, p.1-21, 2001. Disponível em 21/04/2002 em <http://www.ift.org/publications/crfsfs/crfsfs2n1ms20010513.pdf>

GUTKOSKI, L. C., PAVANELLI, A . P., MIRANDA, M. Z. , CHANG, Y. K, Efeito de Melhoradores nas Propriedades Reológicas e de Panificação da Massa de Farinha de Trigo. **Ciência e Tecnologia Alim.**, Campinas, v.17, n.1, p.11-16, 1997.

HAROS, M.; ROSELL, C.M.; BENEDITO, C. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. **Eur. Food Res. Technol.**, Freising, v.215, p.425-430, 2002.

HE, H.; HOSENEY, R.C. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. **Cereal Chem.**, St.Paul, v.67, n.6, p.603-605, 1990.

HIBBERD, G. E. & PARKER, N. S, Measurements of the compression properties of bread crumb. **J. Texture Stud.**, Trumbull, v. 16, p.97-110, 1985.

HOLLINGSWORTH, P. Sugar replacer expand product horizons – artificial sweeteners face sweet'n'sour consumer market **Food Technol.**, Chicago, v. 56, n.7, p. 24-27, 2002.

HOSENEY, R.C., HE, H. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.67, n.6, p.603-605, 1990.

HOSENEY, R. C. Rheology of Doughs and Batters p.213-227 In: Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 1994, 825 p.

HUANG A S, DELANO G. M., PIDEL A. , JANES L. E., SOFTLY B. J., TEMPLEMAN G. J. Characterization of triacylglycerols in saturated lipid mixtures with application to salatrim 23CA **J. Agric. Food Chem.**, v.42, p. 453-460, 1994.

HUG-ITEN S., ESCHER F., CONDE-PETIT B. Structural Properties of Starch in Bread and Bread Model Systems: Influence of α -Amylase. **Cereal Chem.**, St.Paul, v.78, n.4, p.421-428, 2001.

IFT INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS Fat replacers **Food Technol.**, Chicago, v.52, n.3, p.47-53, 1998

JAGANNATH, J.H., JAYARAMAN, K.S., ARYA, S.S. Studies on glass transition temperature during staling of bread containing different monomeric and polymeric additives. **J. Applied Polymer Sci.**, Hoboken, v.71, p.1147-1152, 1999.

KADAN, R.S., ROBINSON, M.G., THIBODEAUX, D.P., PEPPERMAN JR., A.B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Sci.**, Chicago, v.66, n.7, p.940-944, 2001.

KAMEL, B., RASPER, V. F. Comparison of Precision Penetrometer and Baker Compressimeter in testing bread crumb firmness. **Cereal Foods World**, v.3, n.31, p.269-270, 272-274, 1986.

KAMEL, B. S. Bread firmness measurement with emphasis on baker compressimeter. **Cereal Foods World**, v.7, n.32, p.472, 1987.

KENNY, S.; WEHRLE, K.; STANTON, C.; ARENDT, E.K. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. **Eur. Food Res. Technol.**, Freising, v.210, p.391-396, 2000.

KULP, K.; PONTE, J. G. Jr. Staling of white pan bread: fundamental causes. **CRC Critical Reviews In Food Science And Nutrition** v.15, n.1 p.1-49, 1981.

KULP K, PONTE JR., J. G. **Handbook of cereal science and technology**. Marcel Dekker: New York, p.639-679. 2000, 808p.

LAI, H.M. Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta **J. Sci. Food Agric.** V. 82, p. 203-216, 2001

LANNES, S.C.S., GIOIELLI, L.A. Consistência de manteiga de cacau e seus sucedâneos comerciais: análise comparativa entre penetrômetro de cone e analisador de textura. **Congresso y Exposición Latinoamericano sobre Processamento de Grasas y Aceites**, n.6, p. 229-233, Universidade Estadual de Campinas, 1995.

LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food – Principles and practices**, Chapman & Hall:New York, 1998, 820 p.

LEE, M.R., SWANSON, B.G., BAIK, B.K. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. **Cereal Chem.**, St.Paul, v.78, n.6, p.701-706, 2001.

LIMA, I.; GURAYA, H.; CHAMPAGNE, E. The functional effectiveness of reprocessed rice bran as an ingredient in bakery products. **Nahrung/Food**, Weinheim, v.46, n.2, p.112-117, 2002.

LOFGREN, C. **Pectins structure and gel forming properties**. A review. PhD work. Department of Food Science, Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden, 2000.

LORENZ, K. & DILSAVER, W., Bread compressibility as affected by slice thickness. **J. Food Science**, Chicago, v. 47, p.689 e 691, 1982.

MANI, K., ELIASSON, A.C., LINDAHL, L., TRÄGARDH, C. Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. **Cereal Chem.**, St. Paul, v. 69, n.2, p.222-225, 1992.

MAO, Y.; FLORES, R.A. . Mechanical starch damage effects on wheat flour tortilla texture. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.78, n.3, p.286-293, 2001.

MARTIN, M.L., ZELEZNAK, K.J., HOSENEY, R.C. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.68, n.5, p.498-503, 1991.

MARTIN, M.L., HOSENEY, R.C. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.68, p.503-507, 1991.

MARTÍNEZ-ANAYA, M.A.; JIMÉNEZ, T. Physical properties of enzyme-supplemented doughs and relationship with bread parameters. **Z Lebensm Unters For.**, Freising, v.206, p.134-142, 1998.

MEULLENET J.F.C., GROSS J. Instrumental single and double compression tests do predict sensory texture characteristics of foods **J. Texture Stud.**, Trumbull, v.30, n.1, p.167-180, 1999.

MORGAN, K.R., HUTT, L., GERRARD, J., EVERY, D., ROSS, M., GILPIN, M. Staling in starch breads: the effect of antistaling α -amylase. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.49, n.2, p.54-59, 1997.

NABORS, L. O. Sweet choices: sugar replacements for foods and beverages **Food Technol.**, Chicago, v. 56, n.7, p. 28-34, 2002.

OSBORNE, B.G., NIR measurements of the development of crystallinity in stored bread crumb. **Analisis Magazine**, Les Ulis, v.26, n.4, p.55-57, 1998.

OVADIA, D. Z. , WALKER, C. E. Re-examination of the bread firming curve. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.48 , n.4. p.137-144, 1996

PIAZZA, L. MASI, P. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.72, , n.3, p.320-325, 1995.

PISESOOKBUNTERNG W. D'APPOLONIA B.L. Bread staling studies.I.Effect of surfactants on moisture migration from crumb to crust and firmness values of bread crumb. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.60, n.4, p.298-300, 1983.

PISESOOKBUNTERNG W. D'APPOLONIA B.L., KULP, K. Bread staling.II.The role of refreshing, **Cereal Chem.**, St. Paul, v. 60, n.4, p.301-305, 1983.

PONS, M. FISZMAN, S.M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **J. Texture Stud.**, Trumbull, n.27, p.597-624, 1996.

PYLER, E.J. **Baking science and technology**, 3rd. Ed. v.I & II. Sosland Publishing Company, Merrian, KS, 1988, 1300p.

REDLINGER, P. A ., SETSER , C. S., DAYTON, A . D. Measurements of bread firmness using the Instron Universal testing instrument: differences resulting from test conditions. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.3, n. 62, p.223-226 , 1985.

ROGERS, D.E., ZELEZNAK, K.J., LAI, C.S., HOSENEY, R.C. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.65, n.5, p.398-401, 1988.

ROSELL, C.M., HAROS, M., ESCRIVÁ, C., BARBER, C.B. Experimental approach to optimize the use of α -amylases in breadmaking. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, V.49,, p.2973-2977, 2001.

ROSENTHAL, A. J. **Food Texture – Measurement and Perception**. Chapman & Hall: London, 1999, 311 p.

RUAN, R.; ALMAER, S.; HUANG, V.T.; PERKINS, P.; CHEN, P.; FULCHER, R.G. Relationship between firming and water mobility in starch based food systems during storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.73, n.3, p.328-332, 1996.

SAHLSTRÖM, S.; BRÄTHEN, E. Effects of enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling. **Food Chem.**, Amsterdam, v.58, n.1/2, p.75-80, 1997.

SCHIRALDI, A.; PIAZZA, L.; RIVA, M. Bread staling: a calorimetric approach. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.73, n.1, p.32-39, 1996.

SEETHARAMAN, K.; CHINNAPHAT, N.; WANISKA, R.D.; WHITE, P. Changes in textural, pasting and thermal properties of wheat buns and tortillas during storage. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, n.35, p.215-223, 2002.

SEOW, C.C.; TEO, C.H. Staling of starch-based products: a comparative study by firmness and pulsed NMR measurements. **Starch/Staerke**, Weinheim, v.48, n.3, p.90-93, 1996.

SHUKLA, T.P. Baking with low or no fat. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.3, p.169-171, 1998.

SI, J.Q. Synergistic effect of enzymes for breadbaking. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.10, p.802-807, 1997.

SIDHU, J.S.; AL-SAQER, J.; AL-ZEUKI, S. Comparison of methods for the assessment of the extent of staling in bread. **Food Chem.**, Amsterdam, v.58, n.1/2, p.161-167, 1997.

SMITH, R.E.; FINLEY, J.W.; LEVEILLE, G.A. Overview of salatrim: a family of low-calorie fats. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.42, p.432-434, 1994.

SOFTLY, B.J.; HUANG, A.S.; FINLEY, J.W.; PETERSHEIM, M.; YARGER, R.G.; CHRYSAM, M.M.; WIECZOREK, R.L.; OTTERBURN, M.S.; MANZ, A.; TEMPLEMAN, G.J. Composition of representative salatrim fat preparations. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v.42, p.461-467, 1994.

SQUIRES, N.; FORD, A.; NOTTINGHAM, S.; CAFFIN, N.; D'ARCY, B. Multivariate analysis of sensory evaluation data to highlight textural changes in bread during the staling process. In: SENSOMETRICS MEETING, 4, Copenhagen, 1998. **Proceedings**. Copenhagen: The Royal Veterinary and Agricultural University, 1998. p.78-84.

STABLE Micro Systems. Texture analysis.

Disponível em: <http://www.stablemicrosystems.com>. Acesso em: 23 jun. 2002.

STAUFFER, C.E. Fats and oils in bakery products. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43 n.3, p.120-126, 1998.

STAUFFER, C.E. Emulsifiers as antistaling agents. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.45, n.3, p.106-110, 2000.

STONE, H.; SIDEL, J.L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technol.**, Chicago, v.28, n.11,

p.24-34, 1974.

SZCZESNIAC, A.S. Classification of textural characteristics. **J. Food Sci.**, Chicago, v.28, p.385-389, 1963.

SZCZESNIAC, A.S. Objective measurements of food texture. **J. Food Sci.**, Chicago, v.28, p.410-420, 1963.

SZCZESNIAK, A.S. Sensory texture profiling: historical and scientific perspectives. **Food Technol.**, Chicago, v.52, n.8, p.54-57, 1998.

TEXTURE Technologies Corp. Foods. **Cereal and bakery**. Disponível em: http://www.texturetechnologies.com/Food_Texture_Analysis/foods-cereal.html. Acesso em: 20 jul. 2002.

VANDERVEEN, J.E.; GLINSMANN, W.H. Fat substitutes: a regulatory perspective **Annu. Rev. Nutr.**, Palo Alto, v.12, n.1, p.473-487, 1992.

WIET, S.G.; BEYTS, P.K. Sensory characteristics of sucralose and other high intensity sweeteners. **J. Food Sci.**, Chicago, v.57, n.4, p.1014-1019, 1992.

XIE, F. **The study of bread staling using visible and near-infrared reflectance spectroscopy**. Manhattan, 2002. 172p..Dissertation - Department of Grain Science and Industry College of Agriculture - Kansas State University.

XIE, F.; DOWELL, F.E.; SUN, X.S. Comparison of near-infrared reflectance spectroscopy and texture analyzer for measuring wheat bread changes in storage. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.80, n.1, p.25-29, 2003.

YACKEL, W.C. Application of starch-based fat replacers. **Food Technol.**, Chicago, v.46, n.6, p.146-148, 1992.

ZELEZNAK, K.J.; HOSENEY, R.C. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.63, n.5, p.407-411, 1986.

4. ALTERAÇÕES OCORRIDAS EM PÃO TIPO
HAMBÚRGUER COM SUBSTITUIÇÃO
DE AÇÚCAR E GORDURA
– ANÁLISE POR SUPERFÍCIE DE RESPOSTA -

RESUMO: Mudanças econômicas e hábitos alimentares incorretos estão contribuindo para maior ingestão calórica nas populações dos centros urbanos. Intensificam-se as pesquisas para a obtenção de ingredientes com menor valor calórico. Neste trabalho, foram avaliados os efeitos da Polidextrose (Litesse® II), Salatrim (Benefat®) e Sucralose (Splenda®) em substituição à gordura hidrogenada e sacarose em formulação de pão para hambúrguer. Avaliou-se a dureza, volume, umidade, cor e valor calórico pela Metodologia da Superfície de Resposta (MSR). Os resultados mostraram que os ingredientes utilizados sugerem grande potencial para o desenvolvimento de produtos panificados com valor energético reduzido, e a sobreposição das superfícies permitiu obtenção de formulações otimizadas.

Unitermos: panificação, substitutos de açúcar e gordura, metodologia da superfície de resposta, alimentos funcionais.

ABSTRACT: Economic changes and incorrect nutrition habits are causing more calories ingestion in the populations of the urban centers. Substitution of fat and sugar on diet has being object of intense research in the attempt to producing foods without these ingredients or with reduction of amount normally used. In this work the effect of the Polidextrose (Litesse® II), Salatrim (Benefat®) and Sucralose (Splenda®) had been tested in substitution to the hydrogenated fat and sucrose in hamburger buns formulas. It was evaluated firmness, volume, moisture, color and caloric value using Response Surface Methodology (RSM). The results showed that the used ingredients suggest great potential for the development of bakery products with reduced energy value. Surfaces intersections allowed to obtain optimized bread formulas.

Keywords: bakery products, fat and sugar replacers, response surface methodology (RSM), designer food

4.1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico, aumento de renda, mudança de hábitos alimentares pela entrada de um número maior de mulheres no mercado de trabalho, refeições fora de casa e aumento de estabelecimentos que oferecem refeições prontas em domicílio vêm acompanhado de um aumento da ingestão calórica nas regiões desenvolvidas (CHANMUGAN *et al.*, 2003).

O Brasil vem seguindo esta tendência, principalmente nos grandes centros urbanos. O mercado de lanches segue o crescimento das grandes redes de “fast-food”, bem como o suprimento informal nos chamados “lanches de rua” ou “negócios sobre rodas”.

Os pães com grande quantidade de miolo e pouca crosta (pão de forma, pão para hambúrguer, pão para hot-dog, bisnagas) apresentam, na formulação, uma quantidade maior de açúcar e gordura quando comparados com o pão francês ou baguete. São macios, de fácil mastigação e são acompanhados por carnes tenras, recheios cremosos, patês, queijos fundidos e molhos diversos; além disso, apresentam maior vida de prateleira.

Vários produtos relatados como substitutos de açúcar e gordura têm sido desenvolvidos na tentativa de se produzir alimentos sem estes ingredientes, ou com redução dos teores normalmente empregados (ROLLER & JONES, 1996). A adição destes insumos produz mudanças não só no aspecto nutricional mas alteração na textura, cor e sabor dos alimentos. A compreensão do mecanismo de ação destes aditivos permitirá a elaboração de novas formulações para a produção de produtos panificados com redução calórica.

4.1.1. Superfície de Resposta

A Metodologia da Superfície de Resposta (MSR) é o conjunto de métodos estatísticos que emprega dados quantitativos, originados de planejamentos experimentais convenientes, para determinar e resolver equações (modelos) multivariadas (BAKER *et al.*, 1988; WILLYARD, 1998).

Essas equações podem ser representadas graficamente como superfícies de resposta, descrevendo as variáveis, suas interações e o efeito combinado sobre as respostas (METTLER & SEIBEL, 1993; BARROS NETO *et al.*, 1995; MORGAN, 1997; WANG & CHUNG, 2002).

4.1.2. Cor

Para GIESE (2000, 2003), a cor é um parâmetro crítico em alimentos e determina sua qualidade. Podem ser observadas transformações em todas as etapas: matéria-prima, processamento e armazenamento.

HUTCHINGS (1999) sugere que a cor dourada de pães e torradas indica o ponto ótimo de assamento, assim como o período de colheita nos campos. Falta ou excesso de cocção é indicada por coloração, muito clara em um extremo, e pães escuros no outro.

CLYDESDALE (1984) classifica a Colorimetria ou análise instrumental da cor em espectroscopia de absorção e espectroscopia de reflectância. A quantidade de energia absorvida ou refletida por um material é avaliada em comprimento de onda específico e as leituras são convertidas em modelos matemáticos associados com a percepção visual.

Existem vários sistemas para descrever uma cor em particular, entre eles, o Munsell, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) e L, a, b (Hunterlab e Gardner) (BILLMEYER & SALTZMAN, 1981).

No Sistema L, a, b (Figura 1) as gradações de claro e escuro são representadas pelo L, o vermelho por +a, verde por -a, amarelo por +b e o azul por -b.

FIGURA 1. Sistema Hunter L, a, b (Clydesdale 1984)

Uma equação para o cálculo de diferença de cor (ΔE), no sistema L, a, b, foi proposta por Scofield (1943).

$$\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$$

Determina a diferença no espaço entre duas cores. A sensibilidade do olho humano é capaz de notar pequenas diferenças entre as cores da ordem de aproximadamente $0,2 \Delta E$ (GULLET *et al.*, 1972; AYROSA & PITOMBO, 2000).

FIGURA 2 - Espectrofotômetro HunterLab modelo UltraScan™XE

4.1.3 Textura

BOURNE (2002) destaca que a aparência, paladar, textura e nutrição são os quatro principais fatores de qualidade desejados em um alimento. Assim como o paladar é o principal item na escolha, a textura é o principal fator para a rejeição de alguns produtos.

KIM *et al.* (2001) investigam a influência da substituição de gordura por amidos modificados em bolos, através da Análise do Perfil de Textura (TPA), utilizando reômetro Compac-100 (Sun Scientific).

Utilizando o texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems), MAO *et al.* (2001 e 2002) descrevem a importância da embalagem e formulação para o controle de umidade e sua influência na textura de tortillas. RASMUSSEN & HANSEN (2001) estudam os

efeitos da retrogradação do amido em pães fatiados quando embalados em atmosfera modificada (MAP) com CO₂ e mistura CO₂/N₂, avaliando o parâmetro dureza. De forma análoga, BARRET *et al.* (2002) avaliam a textura de pães destinados à alimentação de soldados, quando formulados com diferentes aditivos (enzimas e emulsificantes), para aumento da vida de prateleira.

4.1.4. Umidade

Para LABUZA & HYMAN (1998) a perda e o ganho de umidade, em um alimento, vão ocorrer continuamente, de uma região para outra, como forma de equilíbrio dinâmico entre os componentes e o meio.

Pães e torradas quebrados ou esfarelando são deixados de lado pelo consumidor no ponto de venda. Umidade em excesso aumenta a atividade microbiana e deixa os produtos panificados grudentos e “borrachudos”, cabendo ao fabricante, portanto, o controle do teor de umidade. O Quadro 1 apresenta a quantidade de água do trigo e alguns derivados.

QUADRO 1 – Umidade em trigo e derivados (BOURNE, 2002)

Alimento	água (%)	Alimento	água (%)
Grão de trigo	14	Bolo	40
Farinha de trigo	15	Cookies	4
Bagels	40	Muffins	38
Pão (miolo)	38	Crackers	4
Pão (crosta)	8	Donuts	24
Torrada (fresca)	25	Macarrão (crú)	15
Torrada Melba	4	Macarrão (cozido)	60
Cereal matinal (frio)	3	Torta	19
Cereal matinal (quente)	80	Massa folhada	15

CAUVAIN (1998) relaciona algumas alterações que ocorrem em produtos panificados vinculadas às condições de armazenamento, embalagem, temperatura e umidade relativa:

- . Perda de crocância devido à absorção ou migração da água do miolo para a crosta;
- . Aumento da dureza em pães e bolos devido à perda de água para a atmosfera;
- . Aumento da dureza devido à perda de água no processo de retrogradação do amido;
- . Aumento da dureza em bolos devido à migração da água do recheio para a massa;
- . Tendência ao esfarelamento devido à alterações na coesividade;
- . Modificações - normalmente perda - no aroma e sabor.

4.1.5. Volume

Do ponto de vista macroscópico, o volume do pão é a somatória da parte sólida (crosta + miolo), que encontra-se interligada, e fluída (ar) formada por bolhas de tamanhos variados e isoladas (Figura 3). O volume (estrutura) é obtido em três etapas (SCANLON & ZGHAL, 2001):

- a) mistura e desenvolvimento da massa (mistura e fermentação);
- b) formação da estrutura esponjosa (modelagem e crescimento);
- c) estabilização da estrutura pelo calor (assamento).

FIGURA 3 Variação no tamanho dos alvéolos no miolo.

O volume final dos pães dependerá da formulação (qualidade da matéria-prima, quantidade de água, uso de agentes oxidantes/redutores, quantidade de fermento, adição de fibras, glúten), desenvolvimento da massa (tempo de batimento, equipamento, aeração), tempo e temperatura de crescimento (fermentação) e cocção (forno, temperatura, tempo, vapor) (COWLEY *et al.*, 2000).

4.1.6 . Valor Calórico (Energia)

Os pães são constituídos de carboidratos, proteínas, lipídios e sais minerais. São encontrados no mercado, ainda, alguns produtos enriquecidos com adição de pré-misturas de vitaminas, ferro e cálcio. Outros constituintes, sem valor nutritivo, aparecem em maior ou menor proporção, como a água e aromas.

Através da composição centesimal exprime-se o valor energético, considerando-se o valor calórico de cada grupo alimentar: carboidratos 4 kcal/g (17kJ/g), proteínas 4kcal/g (17kJ/g), lipídios 9 kcal/g (37 kJ/g).

A Polidextrose é reconhecida pela sua versatilidade como agente de corpo e melhorador de textura, valor calórico 1 kcal/g (4 kJ/g) (YACKEL, 1992; MITCHELL, 1996), a Sucralose é um edulcorante intenso de nova geração, sem valor energético (HOLLINGSWORTH, 2002) e Benefat® uma gordura estruturada de valor calórico 5 kcal/g (21kJ/g) (DANISCO, 2002).

4.1.7. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da Polidextrose, Benefat e Sucralose em substituição à sacarose e gordura e, através da metodologia da superfície de resposta (MSR), encontrar a melhor formulação, quando comparado com o produto tradicional; aquela que forneça pães para hambúrguer com melhor maciez, volume, cor,

umidade e menor valor calórico, contribuindo para o desenvolvimento de produtos com reduzido valor energético.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Planejamento Experimental

O Planejamento Experimental seguiu o delineamento central composto de 1 bloco, 3 fatores, 5 níveis e 20 ensaios, para as três variáveis independentes (Benefat[®], Polidextrose e Sucralose) e variáveis dependentes (Dureza, Volume, Umidade, Cor e Valor Energético) conforme Tabela 1 (BOX & WILSON, 1951).

TABELA 1. Planejamento experimental.

Formulação	X ₁		X ₂		X ₃	
	Benefat®		Polidextrose		Sucralose	
	(g)		(g)		(g)	
1	-1	15	-1	25	-1	0,05
2	1	45	-1	25	-1	0,05
3	-1	15	1	75	-1	0,05
4	1	45	1	75	-1	0,05
5	-1	15	-1	25	1	0,15
6	1	45	-1	25	1	0,15
7	-1	15	1	75	1	0,15
8	1	45	1	75	1	0,15
9	-1,682	0	0	50	0	0,10
10	1,682	60	0	50	0	0,10
11	0	30	-1,682	0	0	0,10
12	0	30	1,682	100	0	0,10
13	0	30	0	50	-1,682	0,00
14	0	30	0	50	1,682	0,20
15	0	30	0	50	0	0,10
16	0	30	0	50	0	0,10
17	0	30	0	50	0	0,10
18	0	30	0	50	0	0,10
19	0	30	0	50	0	0,10
20	0	30	0	50	0	0,10

4.2.2 Ingredientes

Foi utilizada farinha de trigo especial marca Sol, adquirida em um único lote e armazenada em câmara fria a -18°C , apresentando 14% umidade, glúten úmido 30% e 0,5% cinzas máx (de acordo com laudo de análise do fabricante); fermento biológico fresco prensado marca Itaiquara, armazenado em geladeira a 7°C ; sal refinado de

mesa marca Cisne; açúcar refinado marca União; gordura vegetal hidrogenada tipo Mesa H – Refino de Óleos Brasil; enzima alfa-amilase fúngica Grindamyl, Danisco A4000 diluída com malto-dextrina 1:1000; propionato de cálcio (antimofo) marca Krishna Organic; Benefat[®] tipo B (Danisco), Polidextrose (Litesse[®] II) e Sucralose (Splenda[®]) (Anexo IV).

FIGURA 4 Batedeira planetária e forno elétrico

4.2.3 Preparo das amostras

A massa foi preparada pelo sistema de massa direta, onde todos os ingredientes são misturados de uma só vez, sem pré-fermentação (esponja) e sem descanso intermediário, em batedeira industrial Amádio LA-20 (Irmãos Amádio, São Paulo, SP), e os pães assados em forno elétrico 4000W/220V (Flexa de Ouro, São Paulo, SP) (Figura 4) de acordo com as formulações da Tabela 2 e Fluxograma da Figura 5.

TABELA 2 Formulações utilizadas para o preparo das amostras

Receita nº	padrão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15-20
Ingrediente (g)																
farinha de trigo	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
água	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
açúcar	100	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	50	0	0
gordura	60	45	15	45	15	45	15	45	15	60	0	30	30	30	30	30
sal	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
fermento	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
enzima	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
propionato	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Benefat	0	15	45	15	45	15	45	15	45	0	60	30	30	30	30	30
Polidextrose	0	25	25	75	75	25	25	75	75	50	50	0	100	50	50	50
Sucralose	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0	0,20	0,10

Fluxograma do processo **FIGURA 5** Fluxograma utilizado para o teste de panificação**4.2.2.1. Análise do perfil de textura (TPA)**

Os pães foram embalados em sacos plásticos de polietileno comum 0,5mm e estocados em estufa BOD, em prateleiras individuais, para garantia da manutenção do volume original, evitando-se amassamento, com temperatura controlada a 20°C. LORENZ *et al.* (1982) salientam que diferenças na temperatura de estocagem podem produzir diferenças consideráveis nos resultados de dureza.

As análises foram iniciadas no 2º dia de armazenamento, para redistribuição de umidade na massa, durante 10 dias consecutivos - tempo de prateleira para este tipo de produto - tomando-se, pelo menos, 10 pães de cada formulação, considerando-se a existência de desvio padrão alto para pães assim formulados.

Foi utilizado o texturômetro TA.XT2 (Stable Micro Systems, UK) nos seguintes parâmetros: *probe compression platens* P/100 Ø 100mm, dupla compressão 2,0 mm/s, distância 40%, teste de ruptura 1,0%, força 100g, tempo 5s. As amostras foram mantidas na embalagem original e retiradas de forma aleatória, uma a uma, para evitar ressecamento da crosta se expostas ao ambiente, o que também pode interferir no resultado de textura, devido à sensibilidade do equipamento. Portanto, a leitura foi efetuada o mais rapidamente possível.

4.2.2.2. Análise da cor

Os pães modelados (massa crua), foram colocados em assadeiras de alumínio com borda, espessura de 3 mm, com dimensões 400x300x15mm, previamente queimadas com óleo de soja, para melhor absorção do calor, e distribuídos em 6 colunas com 5 pães (30 pães). Cada formulação gerou 7 assadeiras (210 pães) e, após fermentação final, as amostras foram colocadas na mesma posição no forno fixando-se a temperatura em 225 °C e 8 minutos de cocção. Para a leitura da cor escolheram-se os pães centrais da 4ª assadeira, após resfriamento por 1 hora.

As amostras tiveram seus valores de reflectância (L^* , a^* , b^*) registrados no espectrofotômetro HunterLab, modelo UltraScan™XE e sistema CIELAB, com ângulo do observador de 10º e iluminante D65 (Figura 2).

Após calibração, cada pão foi colocado com a parte central da crosta voltada para a porta de 9 mm. Cada valor apresentado representa a média entre 8 amostras.

Para o cálculo do ΔE foi utilizada a equação de Scofield:

$$\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$$

4.2.2.3. Análise de umidade

Para a análise de umidade o pão foi picado e homogeneizado (casca+miolo) pesando-se 10 g da amostra em cápsula de alumínio tarada. Os conjuntos (triplicata), foram colocados em estufa a 105 °C por 2 horas, após desidratação foram mantidos em um dessecador contendo sílica-gel, até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesados. O procedimento de secagem e pesagem foi repetido até que um valor constante fosse obtido para cada amostra analisada; o teor de umidade foi calculado pela diferença entre o peso inicial e final das amostras e expresso em porcentagem (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

4.2.2.4. Análise do volume

O volume foi determinado preenchendo totalmente, com micro-esferas de polietileno, um copo de vidro transparente com dimensões 7,5 cm altura x 7,5 cm $\varnothing$. Em seguida parte delas foi substituída pela amostra e completou-se o volume até a borda e nivelamento com auxílio de régua plástica. As esferas remanescentes, correspondendo ao volume do pão, foram colocadas em cilindro graduado expressando-se o resultado em cm³.

4.2.2.5. Análise do Valor Calórico (Energia).

O valor calórico foi determinado após a análise da composição centesimal das amostras.

A quantificação de proteínas foi realizada a partir da determinação do nitrogênio total pelo método de Macro-Kjeldahl., proposto por Kjeldahl, na Dinamarca, em 1883 quando estudava proteínas em grãos. O método original sofreu diversas modificações mas é, ainda, o mais utilizado na determinação de proteínas. Baseando-se no fato de que cada proteína possui aproximadamente 16% de nitrogênio; o que se faz é determinar-se experimentalmente o conteúdo de nitrogênio e por meio de um fator de conversão (fator geral = $100/16 = 6,25$) transformar o resultado em proteínas totais. Em experimentos realizados com pães, utiliza-se o fator de conversão adotado para o trigo ($F = 5,70$). Entretanto, o método tem a desvantagem de que, se as amostras possuírem outros compostos nitrogenados não protéicos, tais como aminas, amidas ou nitrilas, esses serão identificados como proteínas totais. O método utiliza a reação entre proteínas e compostos nitrogenados na presença de ácido sulfúrico concentrado a quente (sulfato de potássio aumenta o ponto de ebulição do ácido sulfúrico de 180°C para 400°C ; e o sulfato de cobre serve como catalisador da reação) (MULLER & TOBIN, 1976).

Essa reação leva à produção de sulfato de amônio, que em presença de hidróxido de sódio libera amônia. Essa é borbulhada em solução de ácido bórico e forma borato de amônio, fazendo com que a solução passe de arroxeadada para esverdeada. A solução é titulada com solução de ácido clorídrico de normalidade conhecida e, assim, é possível determinar o conteúdo protéico da amostra.

Reações Químicas:

Fórmulas para cálculo:

$$\% \text{Nitrogênio} = \frac{\text{mL (HCl)} \times \text{N(HCl)} \times \text{fc(HCl)} \times 1,4008}{\text{peso da amostra}}$$

$$\% \text{Proteína total} = \% \text{Nitrogênio} \times \text{Fator de conversão}$$

mL(HCl) é o volume gasto de HCl na titulação;

N(HCl) é a normalidade da solução de HCl

Fc(HCl) é o fator de correção da solução de HCl

A determinação do conteúdo lipídico foi efetuada pela extração com solvente orgânico. A extração é realizada em um extrator intermitente, sendo o mais comumente utilizado o de Soxhlet. Nesse aparelho, o produto a ser analisado fica completamente protegido da indesejável elevação de temperatura, já que o cartucho não fica mergulhado no solvente. A amostra a ser colocada no cartucho deve ser previamente dessecada, possibilitando uma penetração mais eficiente do éter em sua massa e impedindo que substâncias hidrossolúveis sejam recolhidas com os lipídios. Os dois solventes mais utilizados são o éter de petróleo e o éter etílico. O éter etílico é um solvente de extração mais ampla, pois pode extrair, também, vitaminas, esteróides, resinas e pigmentos, o que constitui um erro quando se deseja determinar somente triacilglicerídeos. Porém, esses compostos aparecem geralmente em pequenas quantidades, o que acarreta um erro experimental aceitável. Entretanto, é menos

utilizado por ser mais caro, perigoso e pode acumular água durante a extração, dissolvendo substâncias não lipídicas. Sendo assim, o éter de petróleo é mais comumente utilizado. Em alguns casos, é conveniente utilizar uma mistura desses solventes, como no caso de produtos lácteos. Após a extração, faz-se a retirada do solvente deixando-o evaporar naturalmente na capela, destilando-o ou colocando-o em rota-vapor. Faz-se a determinação gravimétrica do resíduo obtido; sendo que a fração lipídica da amostra corresponde à massa do balão com o resíduo (final) menos a massa do balão vazio (inicial). Para obtenção do resultado centesimal, converter o resultado para 100 g do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

A determinação de cinzas totais foi realizada por método gravimétrico, baseado na perda de massa da amostra quando submetida ao aquecimento a 550° C. A perda de massa corresponde ao teor de matéria orgânica do produto, pois é completamente carbonizado a essa temperatura. A diferença entre a massa original da amostra e essa perda fornece a quantidade da fração cinzas presente no produto. As cinzas correspondem ao resíduo mineral que a amostra contém. Entretanto, as cinzas não representam necessariamente todo o resíduo mineral no produto, já que durante o processo pode haver perdas por volatilização ou por interações entre os componentes. Experimentalmente, a quantidade de cinzas foi calculada como sendo a diferença entre a massa do cadinho com as cinzas (final) e o peso apenas do cadinho (inicial). Para obtenção do resultado centesimal foi convertido o resultado para 100 g do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, isto é, a fração de carboidratos corresponde a 100 menos a somatória das frações protéica, lipídica, cinzas e umidade.

$$\% \text{carboidratos} = 100\% - (\% \text{proteínas} + \% \text{lipídios} + \% \text{cinzas} + \% \text{umidade})$$

4.2.3. Análise dos dados

Para tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software Statistica 6.0/2001 (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, EUA).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Análise da Composição Centesimal

A maioria dos resultados obtidos na análise da composição centesimal ficou próximo do esperado: 12% de proteínas, 6% de lipídios, 30% de umidade; e apenas o teor de cinzas (0,92%) apresentou-se maior que o esperado, Tabela 3.

TABELA 3 Análise da Composição Centesimal

Receita	Umidade (%)	Carboidratos (%)	Proteínas (%)	Lípides (%)	Cinzas (%)	Energia (kcal)*	Energia (kcal)**
Padrão	30,00±1,00	50,40	12,00±0,50	6,00±0,30	1,60±0,10	303,60	304,00
1	30,11±1,82	50,08	12,10±0,18	6,20±0,43	1,52±0,11	293,07	304,67
2	29,91±1,55	50,79	11,90±0,21	5,98±0,63	1,43±0,08	281,39	296,25
3	29,87±1,12	50,56	11,95±0,37	6,10±0,59	1,59±0,13	283,12	310,46
4	29,01±1,39	54,85	11,37±0,10	6,39±0,10	1,39±0,15	275,43	286,34
5	30,93±3,47	50,62	11,16±0,42	5,69±0,10	1,39±0,20	288,20	299,60
6	30,10±2,59	47,84	13,08±0,35	7,10±1,00	1,86±0,03	280,96	290,96
7	31,13±2,79	50,45	11,07±0,31	5,00±0,41	1,75±0,09	272,88	290,52
8	29,61±3,36	49,96	12,58±0,18	6,11±1,22	1,75±0,08	271,10	286,32
9	29,04±1,70	53,86	12,03±0,15	6,35±0,38	1,56±0,04	298,86	301,38
10	28,90±2,33	51,68	12,04±0,71	5,56±0,16	1,82±0,16	272,03	284,36
11	31,18±1,39	47,83	12,49±0,11	6,79±0,48	1,69±0,09	288,81	302,39
12	32,05±1,40	49,11	11,54±0,13	5,62±0,39	1,68±0,02	260,67	288,24
13	30,17±2,29	50,99	11,42±0,62	5,99±0,19	1,40±0,14	281,22	298,60
14	32,31±0,93	47,03	12,20±0,31	7,00±0,26	1,47±0,08	275,27	292,86
15	33,33±0,71	47,46	11,51±0,18	6,16±0,18	1,57±0,02	268,35	292,87
16	30,78±0,41	49,77	11,92±0,28	6,19±0,03	1,32±0,15	279,44	292,87
17	30,42±1,27	50,38	11,88±0,55	6,04±0,87	1,30±0,10	280,67	292,87
18	29,52±0,83	51,05	11,98±0,43	5,67±0,71	1,80±0,14	281,16	292,87
19	29,58±0,80	49,37	12,10±0,36	6,96±0,37	1,97±0,09	283,95	292,87
20	29,40±1,81	49,59	12,46±0,60	6,59±0,24	1,96±0,07	283,68	292,87

(*) experimental (**) teórico

A oscilação na migração da água foi verificada ao longo do armazenamento (LABUZA & HYMAN, 1998). Ao final da estocagem (10^o dia), as formulações com povidexose apresentaram leve retenção de umidade.

MITCHELL (1996) descreve as características umectantes da Polidextrose e a considera superior quando comparada, nas mesmas condições, com sacarose, frutose e alguns polióis.

FIGUEIREDO (2000) relata modificações nos teores de umidade, na utilização de substitutos de gorduras em salsichas.

SILVA (1991), descreve que na medida em que aumenta a razão farinha de trigo/farinha de batata-doce, em pães, os teores de umidade diminuem e os teores de cinzas aumentam.

4.3.2. Valor calórico (Energia)

Os valores calóricos obtidos experimentalmente são diferentes dos valores calóricos teóricos (Tabela 3). Observa-se uma diferença significativa entre esses valores (média de 4,92%). Outros trabalhos, também, já constataram o mesmo fato. Uma das publicações sobre o assunto teve como objetivo determinar o valor calórico dos alimentos de origem animal comumente usados na dieta: carne, leite e ovos a fim de compará-los com os dados das tabelas de composição centesimal mais utilizadas por profissionais da área. Observou-se que, de modo geral, ocorrem variações entre os valores das tabelas consultadas e os analisados experimentalmente (TORRES, 2000). Há indicativos que algumas interferências não são consideradas no cálculo teórico, proporcionando resultados irreais. Essas interferências podem estar relacionadas com a matéria-prima, época da colheita, maneira como a matéria-prima foi processada, tempo e temperatura, condições de armazenamento e ainda adição de substâncias que possam interferir nas propriedades físico-químicas em relação ao produto original.

No procedimento experimental de determinação dos valores calóricos as interferências aparecem e o resultado obtido aproxima-se mais do valor real. Consultas às tabelas de composição centesimal não proporcionam essa exatidão, uma vez que não consideram esses fatores e, normalmente, são compilações de dados médios e de origem internacional.

A Tabela 6 apresenta os valores calóricos (energia) do Padrão e demais amostras. O maior valor energético (298,86 kcal/100g) ocorreu para a formulação 9, produzida pela mistura de gordura hidrogenada e Polidextrose e o menor valor (260,67 kcal/g) para a formulação 12, resultado da mistura de gordura, Benefat® e teor máximo de Polidextrose (Tabela 2).

Em relação ao padrão, valor energético de 304,0 kcal/100g, a maior redução atingida é de 14,25%, ainda distante de 25% para considerar-se o produto light em energia ou calorias reduzidas, de acordo com a Legislação atual (Anexo II).

A adição de mais Polidextrose é desaconselhável sob o risco de tornar o pão excessivamente elástico e de difícil mastigação. Maior adição de Benefat® seria possível, para tornar os pães mais macios, mas haveria aumento no valor calórico. A maior adição de Sucralose seria adequado somente para pães doces.

O Anexo III relaciona a composição nutricional de alguns produtos comerciais.

4.3.3. Cor

A Tabela 4 mostra os valores de L^* , a^* , b^* para todas as formulações. Os valores de ΔE foram calculados em relação à formulação Padrão. Aumento nos valores de L^* são acompanhados por uma redução na cor (Figura 1). Os pães formulados com sacarose (formulações 1, 2 e 13) apresentam coloração mais intensa devido a ocorrência de reação de caramelização do açúcar.

MITCHELL (1996) avalia a ação da polidextrose em massa folhada (*pastry*) e verifica que esta apresenta características de açúcar redutor, participando, portanto, da reação de Maillard ajudando na cor da crosta de tortas.

Observou-se maior desvio para o vermelho nas amostras com crosta mais escura e mais amarelo para as mais claras, concordando com os trabalhos de BAIK et al. (2000) que, na análise com massa de bolos e utilizando o sistema Hunter (L^* , a^* , b^*), verificam que com o aumento do tempo de forno ocorre aumento no escurecimento da massa, ocasionando redução nos valores de L^* e, proporcionalmente, aumento nos valores de a^* e b^* .

Há concordância, também, com os resultados obtidos por O'BRIEN *et al.* (2000) que avaliam a cor da crosta de amostras de pão de forma formulados sem açúcar ou enzimas e com adição de gordura microencapsulada, utilizando o sistema CIELab* em colorímetro CR-300 (Minolta, Osaka, Japão). Observam que não há interferência deste ingrediente na coloração quando comparada com controle, obtendo valores de L^* entre 48.5 e 52 unidades, bastante semelhante ao padrão do pão de hambúrguer (Tabela 4). Não relatam, no entanto, os resultados obtidos para a^* e b^* .

Utilizando a mesma metodologia e equipamento KENNY *et al.* (2000) encontram valores para a cor da crosta de pães de forma com adição de derivados lácteos (leite em pó integral (WMP), leite em pó desnatado (SMP), caseinato de sódio (SC), hidrolisado de caseína (CH) e proteínas do leite (WP1, WP2 e WP3) com teores variando de 75 a 79%. Comparados a um padrão as amostras apresentam L^* variando de 43 a 58 unidades de acordo com os teores e ingrediente avaliado.

A avaliação da cor (L^*, a^*, b^*) na crosta de pães é descrita por CROWLEY *et al.* (2001) em formulações com e sem adição de glutamina (hidrolisado peptídico de glúten) em delineamento experimental com variáveis independentes (adição de água na massa, tempo de mistura, tempo de descanso e tempo de crescimento em estufa) e respostas (perda de umidade no assamento, ganho de volume e cor da crosta). Utilizando colorímetro CR 300 (Minolta, Osaka), verificam que a adição do aminoácido torna a crosta mais escura e espessa, atribuída a maior grau de interação entre a glutamina e açúcares redutores. Pães sem glutamina apresentam $L^* = 55,5$, $a^* = 14,4$, $b^* = 32,1$; com glutamina $L^* = 49,7$, $a^* = 16,0$, $b^* = 28,9$.

GALLAGHER *et al.* (2003) produzem pães obtidos de farinha de trigo sem glúten (amido de trigo) com adição de derivados lácteos (soro de leite comum, soro de leite desmineralizado, proteínas isoladas de leite, leite desnatado, caseinato de sódio). Utilizando o colorímetro CR-100 (Minolta, Osaka, Japão) avaliam a cor da crosta das amostras encontrando valores de L^* variando de 36 a 62 unidades de acordo com o tipo

de ingrediente e a concentração na massa. O aumento no teor de açúcares do leite e proteínas causam maior escurecimento da crosta (menor L^*) e a diminuição destes deixa a crosta mais clara (maior L^*) relacionado, portanto, às interações açúcar redutor-amino-compostos (reação de Maillard).

TABELA 4 Valores de L^* , a^* , b^* , ΔE e desvios para todas as formulações.

Receita	L^*	a^*	b^*	ΔE
padrão	52,13±1,39	18,61±1,22	29,24±3,94	0
1	57,21±1,55	16,84±1,15	16,22±1,25	14,09
2	55,93±0,31	16,10±0,34	19,34±0,38	10,88
3	56,99±0,99	17,43±1,16	16,97±1,34	13,25
4	56,65±2,11	10,00±1,90	21,18±2,12	12,63
5	81,69±2,42	14,44±4,80	10,65±5,11	35,17
6	83,89±1,58	15,23±1,73	28,47±1,83	31,93
7	57,72±0,81	10,37±2,23	17,18±2,48	15,64
8	60,04±2,10	11,88±1,83	20,62±1,96	13,50
9	73,25±2,79	14,90±2,03	55,14±1,79	33,63
10	58,51±1,91	11,86±3,18	48,26±2,90	21,17
11	73,98±2,32	23,36±1,01	31,56±1,72	22,48
12	60,03±4,59	14,51±1,88	35,62±1,31	10,95
13	55,97±2,38	25,66±0,20	33,06±3,54	7,06
14	75,86±5,77	11,81±2,94	29,74±2,92	24,69
15	65,06±4,21	11,61±1,80	53,24±0,54	28,15
16	65,93±3,60	12,20±1,57	49,59±1,43	25,37
17	67,31±4,33	12,18±1,41	55,48±1,11	30,95
18	66,81±3,57	11,54±1,55	54,59±0,87	30,09
19	65,21±4,50	11,33±1,69	53,40±1,99	28,38
20	67,77±6,04	11,55±2,49	49,29±1,88	26,35

FIGURA 6 Imagens de todas as amostras (Câmera digital Sony DSC-P31)

O aumento no teor de Polidextrose melhora a cor da crosta (formulações 3, 4, 7, 8 e 12). Contudo, o melhor resultado em relação ao Padrão foi obtido com o uso combinado (Polidextrose + sacarose) na formulação 13 com o menor ΔE .

Concordando com CHAPELLO (1998), a Sucralose mostrou-se neutra no processo com fermentação biológica, e no caso de produtos panificados, mesmo após a cocção, pode ser recuperada sem qualquer perda de atividade.

A Tabela 5 apresenta os valores de L^* , a^* , b^* para pão de hambúrguer de dois fabricantes locais mostrando que o Padrão utilizado nos ensaios aproxima-se bastante dos produtos comerciais.

TABELA 5 Valores de L^* , a^* , b^* pão de hambúrguer (marcas locais)

Marca	L^*	a^*	b^*
Pulmann	$43,92 \pm 1,31$	$15,80 \pm 0,94$	$32,38 \pm 1,82$
Wickbold	$52,04 \pm 1,91$	$15,59 \pm 0,77$	$30,33 \pm 0,63$

4.3.4. Textura

Na análise de textura foi avaliado o parâmetro dureza para todas as amostras durante 10 dias consecutivos. A Tabela 6 mostra os valores de dureza (gf) referente ao 10º dia de armazenagem (fim da estocagem).

Com o aumento no tempo de armazenamento ocorreu endurecimento em todas as amostras, resultado da retrogradação do amido na massa, de acordo com CAUVAIN (1998).

Na comparação entre os ensaios, os pães da formulação 12, com teor máximo de Polidextrose (10% em relação à farinha) e mistura de gordura/Benefat® (1:1), apresentaram a menor dureza. No outro extremo, maior dureza, aparecem as amostras da formulação 9 com metade (5%) de Polidextrose e somente gordura hidrogenada (6%) em relação à farinha.

Comparando-se o uso isolado de gordura hidrogenada (formulação 9) e Benefat® (formulação 10), ambas sem sacarose, observa-se menor dureza para o Benefat®. Contudo, ambas são inferiores em maciez em relação ao controle. A sacarose ajuda na redução da dureza e o uso combinado desses ingredientes possibilitaria melhores resultados, conforme observado nos valores intermediários.

A adição de Sucralose não exerceu qualquer efeito sobre a dureza.

KENNY *et al.* (2000) avaliando a dureza do miolo de pães de forma produzidos com adição de derivados lácteos e leitura em texturômetro TA-XT2i e probe cilíndrico de alumínio de 20 mm, com leituras após 3 h, 1 dia e 2 dias, encontram valores crescentes de dureza de 100 gf até 800 gf, de acordo com o ingrediente empregado e tempo de armazenamento. Observam que alguns compostos ajudam na maciez e outros apresentam ação deletéria sobre a massa.

GALLAGHER *et al.* (2003), também, com a adição de proteínas do leite em pães, encontram aumento de DUREZA na crosta e miolo quando comparado a um controle sem estes ingredientes, utilizando a técnica de TPA com texturômetro TA-XT2, com probes cilíndricos de 6 mm e 20 mm de diâmetro.

4.3.5. Volume

Os dados sobre o volume encontram-se descritos na Tabela 6.

Observou-se uma variação grande no volume das amostras (62-84 cm³) e desvios altos para todas as formulações. A influência dos ingredientes, de forma isolada ou combinada, no aumento ou redução do volume, não foi conclusiva. É sabido que a adição de glúten e agentes oxidantes/redutores melhoram a retenção dos gases, e consequentemente, o volume final. Por outro lado, a adição de outros cereais, farinha de rosca e farelos têm ação deletéria sobre a massa, ocasionando a redução do volume.

GALLAGHER *et al.* (2003) concluem que a adição crescente de proteínas de leite são desfavoráveis à manutenção e aumento do volume em pães.

Teores altos de gorduras diminuem a resistência do glúten. Açúcares e sal em dosagens elevadas têm ação inibitória sobre o fermento.

SIMONSON *et al.* (2003) verificam a ação inibitória do cloreto de sódio em massas azedas (cultura lácticas) no desenvolvimento microbiano.

A variação do volume dos pães de hambúrguer, neste trabalho, encontra-se dentro de uma faixa esperada para este tipo de produto, resultado de pequenas variações na matéria-prima - apesar de pertencerem a um mesmo lote -, desenvolvimento desigual da massa, tempo e temperatura de crescimento que vão se somando ao longo do

processo e são de difícil controle. Ensaios com os ingredientes, de forma isolada, e comparados a um padrão podem mostrar alguma diferença.

O'BRIEN *et al.* (2000) avaliam alguns efeitos produzidos em pães de forma com a adição de gordura microencapsulada em pó (70% gordura vegetal ou manteiga), utilizando como revestimento caseinato de sódio ou soro concentrado (5-10%) com sacarose e lactose (20-25%). Comparam com formulação controle sem adição de qualquer tipo de lipídio. Relatam ganho de volume e maciez para as amostras equivalente à adição de gorduras tradicionais.

KENNY *et al.* (2000), encontram valores para o volume específico de pães de forma com adição de diversos derivados lácteos, variando de 3,9 mL/g a 5,4 mL/g, comparados a um controle de 4,4 mL/g.

HAROS *et al.* (2002) encontram efeitos positivos para aumento de volume em pães de forma com a adição de carboidrases (xilanase, celulase e β -glucanase) em diferentes concentrações de forma isolada ou combinadas.

Em outro trabalho O'BRIEN *et al.*, (2003) estudam, também em pão de forma, isolada em relação a um padrão, a adição de Inulina (pó e gel) e Simplesse (proteína do leite) em concentrações de 2,5% e 5% em relação à farinha de trigo, para ambos, como substitutos de gordura. Avaliam as alterações reológicas ocorridas após o preparo. O tempo de armazenamento antes das leituras não é informado. Concluem que a adição de Simplesse enfraquece a rede de glúten, deixando a massa com estrutura porosa e com redução da capacidade de retenção dos gases produzidos durante a fermentação. Ocasionalmente no produto acabado menor volume e aumento na dureza. A Inulina, na massa, reduz a absorção de água proporcionalmente ao aumento de sua concentração, produzindo pães com volume similar aos contendo gordura vegetal mas, por outro lado, aumentando de forma acentuada a dureza das amostras tanto na forma gel quanto pó, e maior para esta última com picos de 2400 gf no texturômetro TA-XT2.

4.3.6. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A Tabela 6 resume o planejamento experimental proposto com as respectivas respostas. Os valores comparativos (Padrão), encontram-se descritos na primeira linha. O delineamento proposto é central composto rotacional, com seis repetições no ponto central com valor de $\alpha \pm 1,68$ sendo efetuada a aleatorização dos ensaios.

TABELA 6 Planejamento Experimental e respectivas respostas

Receita	X ₁ Benefat		X ₂ Polidextrose		X ₃ Sucralose		DUREZA (gf)	VOLUME (cm ³)	UMIDADE (%)	COR (ΔE)	ENERGIA (kcal/100g)
Padrão		(g)		(g)		(g)	1530,00	70	30,00	0	303,60
1	-1	15	-1	25	-1	0,05	1900,02	67	30,11	14,09	293,07
2	1	45	-1	25	-1	0,05	1733,22	75	29,91	10,88	281,39
3	-1	15	1	75	-1	0,05	2180,59	83	29,87	13,25	283,12
4	1	45	1	75	-1	0,05	2102,38	78	29,01	12,63	275,43
5	-1	15	-1	25	1	0,15	1949,92	85	30,93	35,17	288,20
6	1	45	-1	25	1	0,15	1935,16	82	30,10	31,93	280,96
7	-1	15	1	75	1	0,15	2002,12	77	31,13	15,64	272,88
8	1	45	1	75	1	0,15	1887,65	84	29,61	13,50	271,10
9	-1,682	0	0	50	0	0,10	2682,20	83	29,04	33,63	298,86
10	1,682	60	0	50	0	0,10	2239,78	68	28,90	21,17	272,03
11	0	30	-1,682	0	0	0,10	1946,01	86	31,18	22,48	288,81
12	0	30	1,682	100	0	0,10	1586,53	81	32,05	10,95	260,67
13	0	30	0	50	-1,682	0,00	1793,16	80	30,17	7,06	281,22
14	0	30	0	50	1,682	0,20	2118,36	74	32,31	24,69	275,27
15	0	30	0	50	0	0,10	1904,50	63	33,33	28,15	268,35
16	0	30	0	50	0	0,10	2000,64	76	30,78	25,37	279,44
17	0	30	0	50	0	0,10	2134,38	71	30,42	30,95	280,67
18	0	30	0	50	0	0,10	1996,33	62	29,52	30,09	281,16
19	0	30	0	50	0	0,10	2238,38	66	29,58	28,38	283,95
20	0	30	0	50	0	0,10	2348,29	72	29,40	26,35	283,68

A Tabela 7 apresenta os coeficientes da Regressão Quadrática, modelo que melhor se ajustou, e os valores dos coeficientes de determinação (R^2). Os coeficientes não significativos ($p < 0,05$) não estão representados (modelo ajustado) (BOX & DRAPER, 1987).

TABELA 7 Coeficientes de Regressão e de Determinação (R^2).

	Dureza (gf)	Volume (cm3)	Umidade (%)	Cor (ΔE)	Energia (kcal/100g)
R^2	0,65	0,60	0,46	0,96	0,81
β_0	2 106,87	68,35	30,52	28,25	279,50
β_1 (L)	-81,88	-1,33	-0,27	-2,21	-5,38
β_2 (L)	-	-	-	-4,13	-6,47
β_3 (L)	-	1,09	0,40	5,49	-2,19
β_{12} (L)	-	-	-	-4,86	1,18
β_{13} (L)	-	-	-	-	1,29
β_{23} (L)	-80,63	-3,12	-	-	-1,16
β_{11} (Q)	105,80	2,44	-0,67	-	2,38
β_{22} (Q)	-139,76	5,27	0,39	-4,24	-1,41
β_{33} (Q)	-72,78	2,98	-	-4,55	-

X_1 = Benefat[®], X_2 = Povidexrose, X_3 = Sucralose

A Equação Geral dos efeitos pode ser representada por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

Em que:

Y = estimativa dos efeitos

X = quantidade do ingrediente na formulação

β_i = coeficientes da regressão dos efeitos lineares (L)

β_{ik} = coeficientes da regressão das interações

β_{ij} = coeficientes da regressão dos efeitos quadráticos (Q)

Portanto a equação para cada parâmetro será dada por:

Dureza:

$$Y = 2106,87 - 81,88.X_1 - 80,63.X_2.X_3 + 105,80X_1^2 - 139,76X_2^2 - 72,78.X_3^2$$

Volume:

$$Y = 68,35 - 1,33.X_1 + 1,09.X_3 - 3,12.X_2.X_3 + 2,44.X_1^2 + 5,27.X_2^2 + 2,98.X_3^2$$

Umidade:

$$Y = 30,52 - 0,27.X_1 + 1,09.X_3 - 3,12.X_1.X_3 + 2,44.X_1^2 + 5,27.X_2^2 + 2,98.X_3^2$$

Cor:

$$Y = 28,25 - 2,21.X_1 - 4,13.X_2 + 5,49.X_3 - 4,86.X_1.X_2 - 4,24.X_2^2 - 4,55.X_3^2$$

Energia:

$$Y = 279,50 - 5,38.X_1 - 6,47.X_2 - 2,19.X_3 + 1,18.X_1.X_2 + 1,29.X_1.X_3 - 1,16.X_2.X_3 + 2,38.X_1^2 - 1,41.X_2^2$$

As superfícies de resposta correspondentes representam as variações do Benefat[®] e da Polidextrose, que mostraram-se as mais significativas. A Sucralose foi fixada em “0”, correspondendo à uma quantidade de 0,10g/1000g de farinha (0,01%).

De acordo com MAGNUS *et al.* (1997), em geral, as curvas de resposta para cada variável independente vai se enquadrar em um dos três tipos: (a) exibem um máximo

como resultado de um efeito linear positivo e efeito quadrático negativo, (b) exibem um mínimo como resultado de um efeito linear negativo e efeito quadrático positivo, ou (c) não exibem um ponto estacionário porque ambos os efeitos são positivos ou negativos.

Pela Análise de Regressão a maior influência nas respostas é exercida pela adição de Benefat[®] que apresenta forte efeito linear negativo na Dureza, isto é, um aumento do ingrediente ocasiona a redução da força de compressão ou aumento da maciez, o mesmo ocorrendo, em menor grau, para o Valor Calórico, Cor, Volume e Umidade, respectivamente.

A Polidextrose apresenta efeito linear negativo somente para o Valor Calórico e Cor. O aumento de Polidextrose reduz o ΔE , a amostra fica mais dourada e se aproxima mais do Padrão, com redução do valor energético.

A Sucralose apresenta efeito linear negativo para o Valor Calórico. Aumento do poder dulçor com a utilização da Sucralose ocasiona menor uso de sacarose nas formulações, reduzindo o valor energético global.

No efeito quadrático de Dureza há forte influência positiva do Benefat[®] indicando um limite de adição a partir do qual ocorre redução da maciez. O efeito quadrático negativo da Polidextrose indica que mais ingrediente melhora a maciez e influencia favoravelmente, também, a Cor e o Valor Calórico. A Sucralose apresenta forte efeito quadrático negativo na Dureza e, em menor grau, na Cor.

As interações lineares entre Polidextrose e Sucralose influenciam de forma negativa a Dureza e, em menor grau, o Volume e Valor Calórico.

Os efeitos positivos e negativos da Análise de Regressão são coerentes com os resultados discutidos por outros autores.

HUANG *et al.* (1993) na otimização de processo para a fabricação de pão chinês cozido no vapor, bastante popular na região asiática. Um modelo avaliando o uso de farinha de trigo “forte” e “fraca” constituído por 4 variáveis independentes em 5 níveis e 23 ensaios (n^o de laminações, tempo de mistura, tempo de remistura da massa e tempo de crescimento), com respostas (volume específico, taxa de laminação da massa, maciez exterior, estrutura e avaliação geral) que indicam os melhores parâmetros para a produção das amostras. Em outro trabalho, HUANG *et al.* (1998) confirmam a mesma técnica para a otimização de parâmetros de fermentação e análise dos dados.

NAES *et al.* (1998) estudam os coeficientes de regressão para um planejamento experimental de misturas de farinhas de trigo avaliando os efeitos para a obtenção de pães com máximo volume. O modelo é constituído por 3 variáveis independentes: tipo de farinha, tempo de mistura e tempo de fermentação final, em três níveis. Encontram efeito linear positivo para as três variáveis sendo o aumento do volume diretamente proporcional ao conteúdo de proteína na farinha, havendo no entanto, algumas interações entre outros ingredientes não atendidas pelo modelo.

THAKUR & SAXENA (2000) aplicam um delineamento experimental para otimizar características sensoriais e grau de expansão em *snack* extrusado com adição de farinha de milho, farinha de *green gram*, goma xantana, goma guar, goma arábica e carboximetilcelulose. O modelo é constituído por 32 ensaios, 5 variáveis independentes, 2 dependentes e 5 níveis. A farinha de milho apresenta maior influência, apresentando efeitos de regressão linear negativo e quadrático positivo para as duas respostas.

Ainda, no estudo dos coeficientes de regressão, COLLAR *et al.* (2000) avaliam os efeitos de preparados enzimáticos (glucose-oxidase, lipase, beta-xilanase e amilase maltogênica) em massa crua de pão. As respostas incluem características reológicas, fermentativas e entalpia de dissociação. Relatam a ocorrência de efeitos lineares, quadráticos e interações significativas entre os componentes.

GUJRAL & GAUR (2002) relatam planejamento experimental, com ajuste para regressão linear quadrática, para a formulação de pão hindú tipo *chapati*. As variáveis independentes referem-se a adição de glúten úmido, farinha de cevada e óleo de soja à massa tendo como respostas, avaliadas após 24 horas de armazenagem, parâmetros de textura no produto assado, utilizando o texturômetro *Instron Universal Testing Machine* (extensibilidade, força de ruptura, energia de ruptura e módulo de deformação). Os coeficientes da regressão são analisados para todos os parâmetros e verificam que a adição dos três ingredientes, quando comparado a um controle (pão tradicional), melhoram a qualidade dos pães.

GUYNOT *et al.* (2002) estudam o desenvolvimento fúngico em produtos panificados, utilizando planejamento experimental e análise de regressão, variando a quantidade de conservadores (propionato de cálcio, sorbato de potássio e benzoato de sódio) e atividade de água com as respostas para diâmetro das colônias desenvolvidas e tempo para crescimento visível em placas com farinha de trigo/ágar. Relatam que nenhum dos conservadores exerce efeito inibitório significativo em pH neutro.

SIMONSON *et al.* (2003) em 17 ensaios utilizando a metodologia por superfície de resposta variam a temperatura de fermentação, concentração de sal e sacarose para avaliar os efeitos do desenvolvimento de microrganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *C. milleri*, *L. sanfranciscensis*, *L. plantarum*, *L. paracasei* e *L. delbrueckii*) em massa azeda. Observam que todos os parâmetros, no delineamento, exercem efeitos positivos e negativos em maior ou menor grau de acordo com as condições do processo e concentração dos ingredientes, ora favorendo ou inibindo o crescimento microbiano.

Como alternativa ao método da AACC 76-30A e 76-31 para a análise de amido danificado em farinha de trigo, BOYACI *et al.* (2004) propõem um delineamento experimental com duas variáveis (tamanho da amostra e tempo de incubação para

reação enzimática) obtendo resposta para análise da matéria solúvel no extrato (Brix/g). A análise dos coeficientes de regressão correlacionam os dois métodos.

4.3.6.1. Dureza

Um $R^2 = 0,65$ na regressão (Tabela 8) indica que 65% das variações são explicadas por este modelo, porém, a variação na maciez dos pães é complexa e não pode ser correlacionada somente com ingredientes adicionados à formulação básica (Benefat®, Polidextrose e Sucralose), mas, também, pela interação das frações dos outros componentes (carboidratos, proteínas, água, sais) e bolhas de ar presentes na massa conforme valores obtidos na Análise de Variância (ANOVA). Nas Figuras 8 e 9 estão representadas a superfície de resposta e a projeção no plano.

TABELA 8 Análise de Variância (ANOVA) do parâmetro DUREZA (gf)

Fonte de Variação (FV)	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado (5%)}}$
Regressão	662 923,82	5	132 584,76	4,96	2,96
Resíduo	374 261,10	14	26 732,94		
Falta de Ajuste	233 526,60	9	25 947,40	0,92	4,78
Erro Experimental	140 734,50	5	28 146,91		
Total corrigido	1 079 386	19			

$F_{\text{calculadoRegr}} > F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Regressão significativa

$F_{\text{calculadoFalta Aj.}} < F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Falta de Ajuste não é significativa

XIE (2002) argumenta que as variações e altos desvios em relação à média em pães são atribuídas às características deste tipo de alimento e à metodologia empregada.

Alguns autores, também, utilizaram o modelo polinomial quadrático para otimização de processos:

MAGNUS *et al.* (1997) estudam tempo de fermentação, velocidade de mistura da batedeira e energia gasta para a obtenção de massas de pães, avaliando no processo 8 tipos de farinhas, em delineamento central composto rotacional. Relatam que a composição da farinha, o tempo de fermentação e condições de mistura afetam as características dos pães.

ARMERO & COLLAR (1997) executam planejamento experimental central composto 2^2 para formulação de massas de pães, com 9 variáveis independentes e 32 ensaios, variando a farinha, processo, adição de emulsificantes, hidrocolóides e enzimas. Correlacionam os parâmetros para análise de textura (TPA) com ênfase na adesividade ou pegajosidade da massa crua.

Um delineamento experimental para estudar as condições ótimas de congelamento e descongelamento de pães é proposto por KENNY *et al.* (2001). Em modelo central composto por 20 ensaios e 5 níveis variam a temperatura da massa crua, tempo de descanso da massa e tempo de descongelamento, obtendo como respostas tempo final de fermentação (estufa), volume específico e parâmetros de textura (dureza, gomosidade e mastigabilidade). Para 1 semana de congelamento a temperatura da massa crua deverá ser 27,7 °C, tempo de descanso 30 minutos e descongelamento gradual por 7,2 horas; após 10 semanas 23,8 °C, 14 minutos e 7,1 horas; após 20 semanas 22,1 °C, 4 minutos e 7,9 horas respectivamente. Observam, ainda, que mesmo que as amostras estejam a - 18 °C a massa sofre processo de retrogradação durante a estocagem, com aumento da dureza, avaliado após o descongelamento.

A Figura 7 apresenta a distribuição dos valores previstos e observados (experimentais) para a determinação da dureza nos pães para hambúrguer. Para este parâmetro a dispersão entre as médias previstas pelo modelo de segunda ordem não é uniforme e os pontos experimentais ou resíduos estão distribuídos aleatoriamente, exceto no ponto central. Para os parâmetros cor e valor calórico, adiante, esta variação não ocorre de forma tão intensa.

FIGURA 7 Valores previstos em relação ao valores observados do parâmetro DUREZA (gf)

FIGURA 8 Superfície de resposta para o parâmetro DUREZA (gf)

FIGURA 9 Projção no plano da superfície de resposta para o parâmetro DUREZA (gf)

Observa-se que há uma tendência ao aumento da maciez dos pães com o uso combinado de Benefat® e gordura hidrogenada 1:1 e aumento do teor de Polidextrose. O nível ótimo de Benefat® situa-se na faixa de 25-40g/1000g de farinha (2,5 a 4,0%) e o teor de Polidextrose ótimo na faixa de 50-80g/1000 g de farinha (5,0 a 8,0%) para se obter valores de dureza em torno de 1500-1600 gf no décimo dia de armazenamento.

4.3.6.2. Volume

A Tabela 9 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para o parâmetro Volume. Nas Figuras 11 e 12 a superfície de resposta e a projeção no plano.

A Figura 10 correlaciona os valores previstos e os observados (experimentais) para todos os ensaios mostrando uma dispersão grande em relação à média.

TABELA 9 Análise de Variância (ANOVA) do parâmetro VOLUME (cm³)

Fonte de Variação (FV)	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado (5%)}
Regressão	733,47	6	122,24	3,70	2,92
Resíduo	429,03	13	33,00		
Falta de Ajuste	275,70	8	34,46	1,12	4,82
Erro Experimental	153,33	5	30,67		
Total corrigido	1078,55	19			

$F_{\text{calculadoRegr}} > F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Regressão significativa

$F_{\text{calculadoFalta Aj.}} < F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Falta de Ajuste não é significativa

FIGURA 10 Valores previstos em relação aos valores observados do parâmetro
VOLUME (cm³)

FIGURA 11 Superfície de resposta para o parâmetro VOLUME (cm³)

FIGURA 12 Projeção no plano da superfície de resposta para o parâmetro VOLUME (cm³)

Um $R^2 = 0,60$ e a observação dos valores experimentais em relação aos previstos (Figura 10) não pode ser considerado um modelo preditivo nesse quesito, mas indicativo. A forma arredondada dos pães e o crescimento em assadeira aberta permite a expansão plena das amostras em todas as direções. As avaliações foram efetuadas, a exemplo da cor, com os pães centrais, na 4ª assadeira, circundados por outras amostras na estufa, e menos sujeitos ao ressecamento lateral ocasionado pelo calor direto e, também, maior exposição no forno, o que ocasiona, normalmente, amostras com menor volume.

É um parâmetro de difícil controle, menor em pães de forma em assadeiras sem tampa, devido ao confinamento lateral. Variações muito pequenas relacionadas aos ingredientes, portanto, não podem ser detectadas por este método.

No modelo, a superfície de resposta mostra, mais uma vez, que o volume final das amostras foi pouco influenciado pela presença ou quantidade de Benefat®, Polidextrose ou Sucralose. Maior quantidade de açúcares significa mais CO_2 e H_2O produzidos durante a fermentação e maior volume final após o forno. Excesso de açúcares, por outro lado, apresenta efeito inibitório sobre o fermento.

Na falta ou redução de sacarose ou equivalente é de se esperar menor volume dos pães. Nas quantidades empregadas nas formulações este efeito não se mostrou significativo. Um complemento a este método seria avaliar o volume específico, isto é, dividir o volume das amostras (cm^3) pela massa (g) correlacionando com o volume específico do padrão. Mesmo assim, uma quantidade ainda grande de fatores externos podem se sobrepor e dificultar a análise sobre a real influência dos ingredientes na massa se estes forem pouco expressivos para este quesito.

BAKER *et al.* (1988) descrevem um delineamento central composto rotacional para a avaliação de três agentes oxidantes de farinha de trigo (bromato de potássio, ácido

ascórbico e azodicarbonoamida), comumente utilizados pelos moinhos de trigo e indústrias de panificação, e a melhor combinação entre eles para aumento na resistência e maquinabilidade de massas durante o processo de mistura, melhoria de textura e volume final de pães e massas alimentícias. Preparam 20 ensaios para pães de forma, com 6 repetições, com respostas para as características internas e externas dos pães incluindo o volume específico, obtendo mistura otimizada para estes aditivos para ser utilizado como possível melhorador universal de farinhas.

De forma análoga, METTLER & SEIBEL (1993) estudam os efeitos da adição de hidrocolóides em massas de pães de forma utilizando delineamento experimental com 44 ensaios com 4 variáveis independentes (ésteres de monoglicerídios [DATEM], monodiglicerídios [MDG], goma guar [GG] e carboximetilcelulose [CMC]) e 3 níveis de adição. As avaliações incluem, na massa, tempo final de fermentação, estabilidade da fermentação, elasticidade da massa e volume da massa, utilizando um maturógrafo (Brabender oHG, Duisburg, Germany). No produto acabado volume específico, textura do miolo, elasticidade do miolo e dureza durante o armazenamento.

Para CLARKE *et al.* (2003) o aumento do volume específico em pães está diretamente relacionado com a quantidade de gases produzidos e a capacidade de retenção destes gases pela massa até o final do assamento. Em planejamento experimental, utilizando a metodologia da superfície de resposta, estudam dois tipos de culturas lácticas (*L.brevis* e BRSW) para a produção de pães de centeio com adição de “massa azeda”. Além das culturas, variam o tempo de fermentação, tempo de estufa (crescimento final) e quantidade de fermento biológico, obtendo como respostas o pH, acidez total, dimensões do pão assado, volume específico, abertura e dureza do miolo. O maior volume específico é obtido quando é utilizado “massa azeda” com *L. brevis* em conjunto com alta concentração de fermento.

Para os pães de hambúrguer, neste trabalho, níveis de 20-50g/1000g farinha (2,0 a 5,0%) de Benefat® e 35-75g/1000 g farinha (3,5 a 7,5%) de Polidextrose tenderiam para

um volume próximo do Padrão (70 cm³). Pelos resultados obtidos, estes ingredientes não seriam adquiridos para aumento do volume da massa, sendo considerados neutros nesse parâmetro.

4.3.6.3. Umidade

Os valores previstos e experimentais para a UMIDADE podem ser vistos na Figura 13

FIGURA 13 Valores previstos em relação ao valores observados do parâmetro UMIDADE (%)

A Tabela 10 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para o parâmetro Umidade. Nas Figuras 14 e 15 a superfície de resposta e a projeção no plano.

A utilização de Sucralose e Benefat não contribuíram para a variação na umidade das amostras. Já, um aumento na concentração de Polidextrose (100g/1000g de farinha ou 10,0%) ocasionou maior retenção de água, justificando, também nesta formulação, suas características higroscópicas e umectantes concordando com MITCHELL (1996).

TABELA 10 Análise de Variância (ANOVA) do parâmetro UMIDADE (%)

Fonte de Variação (FV)	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado (5%)}
Regressão	12,09	4	3,02	3,18	3,06
Resíduo	14,23	15	0,95		
Falta de Ajuste	3,12	10	0,31	0,14	4,74
Erro Experimental	11,11	5	2,22		
Total corrigido	26,35	19			

$F_{\text{calculadoRegr}} > F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Regressão significativa

$F_{\text{calculadoFalta Aj.}} < F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Falta de Ajuste não é significativa

FIGURA 14 Superfície de resposta para o parâmetro UMIDADE (%)

FIGURA 15 Projeção no plano da superfície de resposta para o parâmetro UMIDADE (%)

CROWLEY *et al.* (2001) em delineamento experimental utilizando superfície de resposta encontram efeito positivo para o tempo de batimento de massas de farinha de trigo, ou seja, um tempo adequado de mistura provoca maior hidratação dos componentes reduzindo a água livre, resultando em menor perda durante o assamento.

4.3.6.4. Cor

A Tabela 11 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para o parâmetro Cor. Nas Figuras 17 e 18 a superfície de resposta e a projeção no plano.

Os valores previstos e observados (experimentais) para a Cor estão representados na Figura 16 mostrando pouca dispersão em relação à média.

FIGURA 16 Valores previstos em relação ao valores observados do parâmetro COR (ΔE)

Para este parâmetro a neutralidade da Sucralose e do Benefat® se mantém. Mas, o efeito ocasionado pela substituição da sacarose por Polidextrose é muito evidente.

Comparada com o Padrão, os pães preparados com Polidextrose apresentam uma crosta de coloração mais suave e brilhante, que é proporcional à adição desse ingrediente. Mesmo assim, os melhores resultados podem estar na combinação adequada da Polidextrose com sacarose.

TABELA 11 Análise de Variância (ANOVA) do parâmetro COR (ΔE)

Fonte de Variação (FV)	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado (5%)}}$
Regressão	1 464,55	6	244,09	53,06	2,92
Resíduo	59,81	13	4,60		
Falta de Ajuste	37,21	8	4,65	1,03	4,82
Erro Experimental	22,60	5	4,52		
Total corrigido	1 477,75	19			

$F_{\text{calculadoRegr}} > F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Regressão significativa

$F_{\text{calculadoFalta Aj.}} < F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Falta de Ajuste não é significativa

BHATTACHARYA *et al.* (1997) relatam um delineamento central composto rotacional para avaliação da COR de uma farinha mista constituída por arroz e *green gram* (*Vigna radiata* L.) 1:1 em extrusora dupla rosca. O modelo apresenta duas

variáveis independentes: temperatura e velocidade, e dependentes: os parâmetros L^* , a^* , b^* CIELab em espectrofotômetro modelo 2100 (Shimadzu, Japão). Concluem que a combinação de baixa temperatura (100-200 °C) e velocidade da rosca (250 rpm) produz farinhas com altos valores de L^* e baixos valores para b^* .

FIGURA 17 Superfície de resposta para o parâmetro COR (ΔE)

FIGURA 18 Projeção no plano da superfície de resposta para o parâmetro COR (ΔE)

WILLYARD (1998) investiga os efeitos do assamento de massas de pães para hot-dog utilizando forno de micro-ondas doméstico 650W, 2 450 MHz, em combinação com forno elétrico em dois delineamentos experimentais. No primeiro bloco, composto por 31 ensaios e 4 variáveis independentes, modifica a quantidade de água na massa, o tempo de batimento, quantidade de glúten em pó adicionado e quantidade de bromato de potássio. No segundo bloco, composto por 20 ensaios e 3 variáveis, alterna a quantidade fermento, tempo de fermentação (intermediário) e tempo de estufa (fermentação final). Para as respostas investiga, no produto acabado, o volume específico, textura do miolo, dureza, e características gerais internas e externas em notas atribuídas por panelistas, concluindo, ainda, que a melhor COR no assamento das amostras é obtida pelo efeito combinado micro-ondas/forno elétrico.

MORENO *et al.* (2003) utilizam delineamento experimental central composto para encontrar as melhores condições de extrusão de farinha de milho para a produção de farinhas instantâneas, *tortillas*, *cookies*, *atoles* e *tamales*. Variam a temperatura de extrusão, concentração de cal e velocidade da rosca. A variação na cor da farinha (ΔE) é avaliada com colorímetro CR-210 (Minolta, Japão) utilizando a fórmula $\Delta E = [(L_s - L_m)^2 + (a_s - a_m)^2 + (b_s - b_m)^2]^{1/2}$ e referências $L = 97,63$, $a = 0,78$, $b = -2,85$ obtendo valores finais para ΔE entre 10,37 a 16,20 unidades.

Para a produção de biscoitos tipo *short dough* com propriedades funcionais GALLAGHER *et al.* (2003) estudam um delineamento experimental variando nas formulações os níveis de amido resistente (Novelose 330), fructooligossacarídeos (Raftilose®) e proteínas lácteas (caseinato de sódio e Simplesse®), obtendo respostas para dureza, elasticidade, coesividade, dimensões do biscoito e cor da superfície L^* . Para a COR os valores de referência são $L^* = 66,5$, $a^* = 8,86$, $b^* = 30,26$ e após a otimização são encontrados $L^* = 46,32$, $a^* = 17,25$ e $b^* = 27,08$, ou seja, ocorre escurecimento das amostras com a adição dos ingredientes em relação ao controle.

4.3.6.5. Valor Calórico (Energia)

Na Figura 19 estão representados os valores previstos e observados para o parâmetro VALOR CALÓRICO.

FIGURA 19 Valores previstos em relação ao valores observados do parâmetro VALOR CALÓRICO (kcal/100g)

A Tabela 12 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para o parâmetro Valor Calórico. Nas Figuras 20 e 21 a superfície de resposta e a projeção no plano.

Assim como a cor, o valor calórico (energia) apresenta um modelo preditivo para os níveis de ingredientes utilizados. Uma redução ou substituição de carboidratos e lipídios por ingredientes de menor valor calórico vai influenciar diretamente no valor energético do alimento.

A superfície de resposta indica que teores acima de 90g/1000g de farinha (9,0%) de Polidextrose e 20g/1000g de farinha (2,0%) de Benefat® traduzem-se numa queda significativa do valor calórico (kcal/100 g) de produto.

TABELA 12 Análise de Variância (ANOVA) do parâmetro VALOR CALÓRICO

Fonte de Variação (FV)	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado (5%)}}$
Regressão	1 179,95	8	147,49	5,94	2,95
Resíduo	273,03	11	24,82		
Falta de Ajuste	107,32	6	17,89	0,54	4,95
Erro Experimental	165,72	5	33,14		
Total corrigido	1 462,76	19			

$F_{\text{calculadoRegr}} > F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Regressão significativa

$F_{\text{calculadoFalta Aj.}} < F_{\text{tabelado}} \rightarrow$ Falta de Ajuste não é significativa

FIGURA 20 Superfície de resposta para o parâmetro VALOR CALÓRICO (kcal/100g)

FIGURA 21 Projeção no plano da superfície de resposta para o parâmetro VALOR CALÓRICO (kcal/100g)

A análise por superfície de resposta serviu como indicativo de tendência, devido à grande proximidade entre os valores de $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} . Um ajuste significativo estaria na faixa de diferença entre 4 e 7.

4.3.6.6. Sobreposição de Superfícies (Otimização)

A sobreposição de superfícies foi utilizada em outros trabalhos.

PALOMAR *et al.* (1994), em planejamento experimental 3x3, na otimização de formulações para a produção de biscoitos tipo cookie de amendoim com variação na quantidade de claras de ovos e flocos de batata doce obtendo-se respostas, através de análise sensorial com consumidores locais, para cor, formato, aparência, sabor, mastigabilidade, ausência de odor ou sabor estranhos e aceitabilidade geral.

A mesma técnica foi aplicada por HUANG *et al.* (1998) na otimização de variáveis de processo para obtenção de pão chinês cozido no vapor.

THAKUR & SAXENA (2000) otimizam formulações para a produção de snacks extrusados pela superposição de superfícies para obtenção de melhores características sensoriais e grau de expansão.

MORENO *et al.* (2003) sobrepõem superfícies no estudo de farinhas instantâneas de milho em extrusora.

A Figura 22 apresenta a sobreposição das cinco superfícies analisadas definindo uma região otimizada para a formulação dos pães para hambúrguer que atenda à maioria das características desejadas: maior maciez, cor dourada e menor valor calórico. A quantidade de Sucralose na formulação deverá ser ajustada pelo dulçor desejado e comparada por painel de provadores.

FIGURA 22 Sobreposição de Superfícies (Otimização)

Observa-se na Figura 22 que para a Polidextrose, quantidades ótimas para melhoria de maciez, cor e valor energético estão na faixa de 80-100g/1000g de farinha de trigo. O mesmo ocorrendo para o Benefat[®] na faixa de 40-50 g/1000 g de farinha de trigo. A Tabela 13 mostra o uso combinado desses ingredientes com sacarose e gordura hidrogenada.

4.3.6.7. Custo do produto

Finalmente, deve-se levar em consideração o preço de cada ingrediente e custo final da formulação (Tabela 13).

TABELA 13 Formulações x Custo

Ingrediente	US\$/Kg	Padrão (g)	US\$	“Light” (g)	US\$
Farinha de Trigo	0,27	1000	0,2700	1000	0,2700
Água	0,06	580	0,0350	580	0,0350
Açúcar	0,27	100	0,0270	20	0,0054
Gordura	0,42	60	0,0252	20	0,0084
Sal	0,17	20	0,0030	20	0,0030
Fermento	0,80	50	0,0400	50	0,0400
Enzima	1,00	0,6	0,0006	0,6	0,0006
Propionato Ca	40,00	2	0,0800	2	0,0800
Benefat®	6,00*	0	0	40	0,2400
Polidextrose	4,00	0	0	80	0,3200
Sucralose	184,00	0	0	0,10	0,0180
* FOB - USA		TOTAL US\$	0,48	TOTAL US\$	1,02

O “custo” da matéria-prima, para a obtenção de produtos com redução calórica, ainda é alto. Por outro lado, os benefícios propiciados em produzir-se alimentos funcionais estão apenas começando. Um esclarecimento maior ao consumidor dos efeitos nutricionais e um marketing adequado podem justificar aumentos no preço final do produto.

4.4. CONCLUSÕES

A Sucralose mostrou-se neutra nos quesitos de fermentação, textura, umidade, volume e cor, mas extremamente importante por sua ação edulcorante, permitindo a redução da sacarose, além da estabilidade térmica, fundamental para a produção de itens com aquecimento prolongado.

O tipo de Benefat® testado mostrou-se adequado no parâmetro maciez quando comparado com lipídios tradicionais. Mostrou potencial como substituto energético (5 kcal/g) e opção para a produção de produtos com lipídios sem ácidos graxos trans.

A Polidextrose confirmou sua versatilidade como ingrediente multi-funcional e excelência para o desenvolvimento de produtos com reduzido teor energético, quando utilizada de forma isolada ou combinada com outros ingredientes.

Para cor e valor calórico o modelo mostrou-se preditivo. Para os quesitos dureza, volume e umidade o ajuste permite visualizar uma tendência dos efeitos dos ingredientes, mas deverão ser observadas outras influências no processo.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMERO, E.; COLLAR, C. Texture properties of formulated wheat doughs: relationship with dough and bread technological quality. **Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. A**, Berlin, v.204, p.136-145, 1997.

AYROSA, A.M.I B.; PITOMBO, R.N.M. Avaliação objetiva de cor de carne bovina crua e cozida liofilizada. **Farm. Quim.**, São Paulo, v.33, n.2/3, p.38-44, 2000.

BAIK, O.D.; MARCOTTE, M.; CASTAIGNE, F. Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens. Part II. Evaluation of quality parameters. **Food Res. Int.**, Amsterdam, v.33, p.599-607, 2000.

BAKER, A.E.; DOERRY, W.T.; KULP, K.; KEMP, K. A response-surface analysis of the oxidative requirements of no-time doughs. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.65, n.4, p.367-372, 1988.

BARRET, A.; CARDELLO, A.; MAGUIRE, P.; RICHARDSON, M.; KALETUNC, G.; LESHER, L. Effects of sucrose ester, dough conditioner, and storage temperature on long-term textural stability of shelf-stable bread. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.79, n.6, p.806-811, 2002.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, 1995. 300p.

BHATTACHARYA, S.; SIVAKUMAR, V.; CHAKRABORTY, D. Changes in CIELab colour parameters due to extrusion of rice-greengram blend: a response surface approach. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.32, p.125-131, 1997.

BILLMEYER Jr., F.W.; SALTZMAN, M. **Principles of color technology**. New York: Wiley-Interscience, 1981. 240p.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. San Diego: Academic, 2002. 400p.

BOX., G.E.P.; DRAPER, N.R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York: Wiley, 1987, 310p.

BOYACI, I.H.; WILLIAMS, P.C.; KÖKSEL, H. A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flours. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, v.39, p.139-145, 2004.

CAUVAIN, S.P. Improving the control of staling in frozen bakery products. **Trends Food Sci. Technol.**, Amsterdam, v.9, n.2, p.56-61, 1998.

CHANMUGAN, P.; GUTHRIE, J.F.; CECILIO, S.; MORTON, J.F.; BASIOTIS, P.P.; ANAND, R. Did fat intake in the United States really decline between 1989-1991 and 1994-1996? **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v.103, n.7, 2003.

CHAPELLO, W.J. The use of sucralose in baked goods and mixes. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.9, p.716-717, 1998.

CHIANG, W.D.; SHIH, C.J.; CHU, Y.H. Optimization of acid hydrolysis conditions for total isoflavones analysis in soybean hypocotyls by using RSM. **Food Chem.**, Amsterdam, v.72, p.499-503, 2001.

CLARKE, C.I.; SCHOBBER, T.J.; ANGST, E.; ARENDT, E.K. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v.217, p.23-33, 2003.

CLYDESDALE, F.M. Color measurement. In: GRUENWEDEL, D.W.; WHITAKER, J.R. **Food analysis: principles and techniques**. New York: Marcel Dekker, 1984. v.1, p.95-149.

COLLAR, C.; MARTÍNEZ, J.C.; ANDREU, P.; ARMERO, E. Effects of enzyme associations on bread dough performance: a response surface analysis. **Food Sci. Technol. Int.**, Lancaster, v.6, n.3, p.217-226, 2000.

CROWLEY, P.; GRAU, H.; ARENDT, E.K. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.77, n.3, p.370-375, 2000.

CROWLEY, P.; GRAU, H.; O'CONNOR, P.; FITZGERALD, R.J.; ARENDT, E.K. Effect of glutamine peptide on baking characteristics of bread using experimental design **Eur. Food Res. Technol.**, v. 212, n.2, p. 192-197, 2001.

DANISCO Cultor. Benefat Ingredients for Healthful Nutrition. Disponível em: <http://www.daniscocultor.com>. Acesso em: 20 mar. 2002. [Catálogo].

DESMOND, E.M.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. The effects of tapioca starch, oat fibre and whey protein on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, Sidcup, v.31, p.653-657, 1998.

ELBERT, G.; TOLABA, M.P.; SUÁREZ, C. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.47, p.37-41, 2001.

FIGUEIREDO, V.O. **Propriedade química e composição química de salsicha tipo Viena elaborada com substitutos de gordura**. Rio de Janeiro, 2000. 54p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GALLAGHER, E.; O'BRIEN, C.M.; SCANNELL, A.G.M.; ARENDT, E.K. Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.56, p.261-263, 2003.

GALLAGHER, E.; O'BRIEN, C.M.; SCANNELL, A.G.M.; ARENDT, E.K. Use of response surface methodology to produce functional short dough biscuits. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.56, p.269-271, 2003.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technol.**, Chicago, v.54, n.2, p.62-63, 2000.

GOMES, A.M.P.; MALCATA, F.X. Development of probiotic cheese manufactured from goat milk: response surface analysis via technological manipulation. **J. Dairy Sci.**, Savoy, v.81, p.1492-1507, 1998.

GULLET, E.A.; FRANCIS, F.J.; CLYDESDALE, F.M. Colorimetry of foods: orange juice. **J. Food Sci.**, Chicago, v.37, p.389-393, 1972.

GUJRAL, H.S.; GAUR, S. Effects of barley flour, wet gluten and liquid shortening on the texture and storage characteristics of chapati. **J. Texture Studies**, Trumbull, v.33, p.461-469, 2002.

HAROS, M.; ROSELL, C.M.; BENEDITO, C. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v.215, p.425-430, 2002.

HOLLINGSWORTH, P. Sugar replacer expand product horizons: artificial sweeteners face sweet'n'sour consumer market. **Food Technol.**, Chicago, v 56, n.7, p.24-27, 2002.

HUANG, S.; BETKER, S.; QUAIL, K.; MOSS, R. An optimized processing procedure by response surface methodology (RSM) for northern-style chinese steamed bread. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, v.18, p.89-102, 1993.

HUANG, S.; QUAIL, K.; MOSS, R. The optimization of a laboratory processing procedure for suthern-style chinese steamed bread. **Int. J. Food Sci. Technol.**, Oxford, v.33, p.345-357, 1998.

HUTCHINGS, J.B. **Food color and appearance**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 610p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 1976. v.1, p.371.

KENNY, S.; WEHRLE, K.; STANTON, C.; ARENDT, E.K. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v.210, p.391-396, 2000.

KENNY, S.; GRAU, H.; ARENDT, E.K. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on frozen dough quality and stability. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v.213, p.323-328, 2001.

KIM, H.Y.L.; YEOM, H.W.; LIM, H.S.; LIM, S.T. Replacement of shortening in yellow layer cakes by corn dextrins. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.78, n.3, p.267-271, 2001.

LABUZA, T.P.; HYMAN, C.R. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends Food Sci. Technol.**, Amsterdam, v.9, p.47-55, 1998.

LORENZ, K.; DILSAVER, W. Bread compressibility as affected by slice thickness. **J. Food Sci.**, Chicago, v.47, p.689, 691, 1982.

MAGNUS, E.M.; BRATHEN, E.; SAHLSTRÖM, S.; FAERGESTAD, E.M.; ELLEKJAER, M.R. Effects of wheat variety and processing conditions in experimental bread baking studied by univariate and multivariate analyses. **J. Cereal Sci.**, Sidcup, v.25, p.289-301, 1997.

MAO, Y.; FLORES, R.A. Mechanical starch damage effects on wheat flour tortilla texture. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.78, n.3, p.286-293, 2001.

MAO, Y.M.; FLORES, R.A.; LOUGHIN, T.M. Objective texture measurements of commercial wheat flour tortillas. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.79, n.5, p.648-653, 2002.

MARÍN, S.; GUYNOT, M.E.; NEIRA, P.; BERNADÓ, M.; SANCHIS, V.; RAMOS, A.J. Risk assessment of the use of sub-optimal levels of weak-acid preservatives in the control of mould growth on bakery products. **Int. J. Food Microbiol.**, Amsterdam, v.79, p.203-211, 2002.

MENDES, L.C.; MENEZES, H.C.; SILVA, M.A. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. **Food Qual. Preference J.**, Amsterdam, v.12, p.153-162, 2001.

METTLER, E.; SEIBEL, W. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.70, n.4, p.373-377, 1993.

MITCHELL, H.L. The role of the bulking agent polydextrose in fat replacement p. 235-248. In: ROLLER, S.; JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC, 1996. 325p.

MORENO, C.R.; CARRILLO, J.M.; DORADO, R.G.; LÓPEZ, O.P.; RODRÍGUEZ, E.O.C.; TIZNADO, J.A.G. Instant flour from quality protein maize (*Zea mays L*) Optimization of extrusion process. **Lebensm.-Wiss.Technol.**, Sidcup, v.36, p.685-695, 2003.

MORGAN, E. **Chemometrics**: experimental design. London: ACOL, 1997. 275p.

MULLER, H.G.; TOBIN, G. **Nutricion y ciencia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 321p.

NAES, T.; FAERGESTAD, E.M.; CORNELL, J. A comparison of methods por analyzing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. **Chemom. Intell. Lab. Syst.**, Amsterdam, v.41, p.221-235, 1998.

O'BRIEN, C.M.; GRAU, H.; NEVILLE, D. P.; KEOGH, M.K.; ARENDT, EIK. Functionality of microencapsulated high-fat powders in wheat bread. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v.212, p.64-69, 2000.

O'BRIEN, C.M.; MUELLER, A.; SCANNELL, A.G.M.; ARENDT, E.K. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. **J. Food Eng.**, Kidlington, v.56, p.265-267, 2003.

PALOMAR, L.S.; GALVEZ, F.C.F.; RESURRECCION, A.V.A.; BEUCHAT, L.R. Optimization of a peanut-sweet potato cookie formulation. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, Sidcup, v.27, p.314-318, 1994.

RASMUSSEN, P.H.; HANSEN, A. Staling of wheat bread stored in modified atmosphere. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, Sidcup, v.34, p.487-491, 2001.

ROLLER, S.; JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC, 1996. 325p.

SCANLON, M.G.; ZGHAL M.C. Bread properties and crumb structure. **Food Res. Int.**, Amsterdam, v.34, p.841-864, 2001.

SENANAYAKE, S.P.J.N.; SHAHIDI, F. Lipase-catalyzed incorporation of docosahexaenoic acid (DHA) into borage oil: optimization using response surface methodology. **Food Chem.**, Amsterdam, v.77, p.115-123, 2002.

SHYU, S.L.; HWANG, L.S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Res. Int.**, Amsterdam, v.34, p.133-142, 2001.

SILVA, R.M.G.S. **Uso de farinha de batata-doce em substituição parcial a farinha de trigo na produção de pão tipo francês**. Viçosa: 1991. 82p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa.

SIMONSON, L.; SALOVAARA, H.; KORHOLA, M. Response of wheat sourdough parameters to temperature, NaCl and sucrose variations. **Food Microbiol.**, Sidcup, v.20, p.193-199, 2003.

THAKUR, S.; SAXENA, D.C. Formulation of extruded snack food (gum based cereal-pulse blend): optimization of ingredients levels using response surface methodology. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, Sidcup, v.33, p.354-361, 2000.

TORRES, E.A.F.S. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Cien. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.20, n.2, p.145-150, 2000.

WANG, D.; CHUNG, D.S. Study of a small-scale laboratory wet-milling procedure for wheat. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.79, n.1, p.115-119, 2002.

WILLYARD, M.R. Conventional browning and microwave baking of yeast raised dough. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.43, n.3, p.131-138, 1998.

XIE, F. **The study of bread staling using visible and near-infrared reflectance spectroscopy**. Manhattan, 2002. 172p. Dissertation - Department of Grain Science and Industry College of Agriculture, Kansas State University.

YACKEL, W.C. Application of starch-based fat replacers. **Food Technol.**, Chicago, v.46, n.6, p.146-148, 1992.

ANEXO I

Resolução - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVS aprovado pelo Decreto 3.029, de 16 abril de 1999, c/c o § 1º do Art. 107 do Regimento Interno aprovado pela Portaria nº 593, de 25 de agosto de 1999, em reunião realizada em 11 de outubro de 2000, adotou a seguinte Resolução de Diretoria Colegiada e eu, Diretor-Presidente, determino a sua publicação.

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão.

Art. 2º As empresas têm o prazo de 180 (cento e oitenta) dias, a contar da data da publicação deste Regulamento, para se adequarem ao mesmo.

Art. 3º O descumprimento desta Resolução constitui infração sanitária sujeitando os infratores às penalidades da Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977 e demais disposições aplicáveis.

Art. 4º Ficam revogados o item referente ao Pão e o subitem referente ao Grissini do item referente a Biscoitos e Bolachas da Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, publicada no D.O.U. de 24/07/78.

Art. 5º Esta Resolução da Diretoria Colegiada entra em vigor na data de sua publicação.

GONZALO VECINA NETO

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DE PÃO

1. ALCANCE

1.1. Objetivo: fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que deve obedecer o Pão.

1.2. Âmbito de aplicação: o presente Regulamento Técnico aplica-se ao Pão, conforme definido no item 2.1. Excluem-se deste Regulamento o pão de queijo e pão-de-ló.

2. DESCRIÇÃO

2.1. Definições

2.1.1. Pão: é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes.

2.1.2. Fermentação biológica: é a fermentação resultante do uso de fermento biológico natural e ou fermento biológico industrial.

2.1.3. Fermento biológico natural: é aquele obtido a partir de uma auto seleção natural de cepas de leveduras e lactobacilos presentes na farinha de trigo.

2.1.4. Fermento biológico industrial: é uma seleção de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* obtida através de processo industrial.

2.2. Classificação :

O produto é classificado de acordo com os ingredientes e ou processo de fabricação e ou formato.

2.2.1. Pão ázimo: produto não fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e água, apresentando-se sob a forma de lâminas finas.

2.2.2. Pão francês: produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, sal (cloreto de sódio) e água, que se caracteriza por apresentar casca crocante de cor uniforme castanho-dourada e miolo de cor branco-creme de textura e granulação fina não uniforme.

2.2.3. Pão de forma: produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia.

2.2.4. Pão integral: produto preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e farinha de trigo integral e ou fibra de trigo e ou farelo de trigo.

2.2.5. Panetone: é o produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, açúcar, gordura(s), ovos, leite e sal (cloreto de sódio).

2.2.6. "Grissini": produto caracterizado pelo formato cilíndrico delgado e textura crocante.

2.2.7. Torrada: produto obtido a partir do Pão, obrigatoriamente, torrado e com formatos característicos.

2.2.8. Farinha de Pão ou de Rosca: produto obtido, pela moagem do Pão, obrigatoriamente, torrado.

2.3. Designação :

2.3.1. O produto é designado de acordo com a sua definição, item 2.1.1, e ou classificação e ou designação consagrada pelo uso, podendo ser seguida do(s) nome(s) do(s) ingrediente(s) que caracteriza(m) o produto e ou processo de obtenção e ou formato e ou finalidade de uso. Quando forem utilizadas designações de acordo com os ingrediente(s) que o caracteriza(m), deve ser utilizada a expressão "com" ou "com recheio de" ou "com cobertura de" seguido do(s) nome(s) do(s) ingrediente(s).

2.3.2. As torradas são designadas de acordo com o produto utilizado na sua produção.

2.3.3. Os produtos destinados ao preparo de pizzas são designados de massa para pizza.

2.3.4. No caso do produto em que a casca tenha sido removida, a designação deve ser seguida da expressão "sem casca".

3. REFERÊNCIAS

3.1. ARGENTINA. LEIS. Código Alimentario Argentino Actualizado. Cap IX p 235, 236, 237, 239, 240. Buenos Aires, 1996.

3.2. BRASIL. Lei no 8.543/92, de 23/12/92. Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de dezembro de 1992. Seção 1, pt.1.

3.3. BRASIL. Portaria Interministerial MS/MA nº 224 de 05/04/89. Aprova o uso de produtos derivados de cereais, leguminosas, raízes e tubérculos em substituição parcial ou total à farinha de trigo. Diário Oficial da União, Brasília, 07 de abril de 1989. Seção 1.

3.4. BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução CNNPA nº 35/77. Padrão de Identidade e Qualidade para Alimentos Rapidamente Congelados. Diário Oficial da União, Brasília, 27 de dezembro de 1977. Seção 1. p. 1.

3.5. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº1428, de 26/11/93. Aprova Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos, Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos e Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade para Serviços e Produtos na Área de Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 02 de dezembro de 1993. Seção 1, pt.1.

3.6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 326, de 30/07/1997. Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de agosto de 1997. Seção 1, pt.1.

3.7. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 451, de 19/09/97. Princípios Gerais para Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 02 de julho de 1998. Seção 1, pt.1.

3.8. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 27/98, de 14/01/98. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de janeiro de 1998. Seção 1, pt.1.

3.9. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 42/98, de 14/01/98. Regulamento Técnico para Rotulagem de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de janeiro de 1998. Seção 1, pt.1.

- 3.10. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 41/98, de 14/01/98. Regulamento Técnico para Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, Brasília, 21 de janeiro de 1998. Seção 1, pt.1.
- 3.11. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº383, de 05/08/99. Regulamento Técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 produtos de panificação e biscoitos. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de agosto de 1999. Seção 1, pt.1.
- 3.12. CALVEL, Raymond. O Pão Francês e os Produtos Correlatos. Brasil, Fortaleza: Editora J. Macedo S.A, 1987. 287p.
- 3.13. Desgrez, R.; Onno, B.; Chargelegue, A.; Guinet ,R.; Neyreneuf, O.; Poitrenaud, B. La Panificacaion. 1o edição. Espanha, Barcelona: Editores Montagud, 1994. 545p.p. 150-168, p. 170-172, p.222-236, p.446-465.
- 3.14. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Code of Federal Regulations. Food and Drugs. Bakery Products. 1-4-96 ed., v.21, cap.1, part 136, §136.110, §136.115, §136.130, §136.160, §136.180.
- 3.15. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 2o ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira S/A, 1986, 1838p.
- 3.16. FRANCO, Guilherme. Tabela de Composição Química dos Alimentos. 9o edição. Brasil, São Paulo, Editora Atheneu, 1997. 307p.
- 3.17. ITALIA. Projeto de Lei. Regolamento Panettone. Versione 1a dicembre, 1998.
- 3.18. QUAGLIA, Giovanni. Scienza e Tecnologia della Panificazione. 2o ed. Itália, Pinerolo: Chiriotti Editori, 1984. 469 p.
- 3.19. QUAGLIA, Giovanni. Ciencia y Tecnologia de la Panificacion, traduzido por Prof. Dr. B. Mateos Nevado. Espanha, Zaragoza: Editora Acribia S.A., 1991. 485p.
- 3.20. REBOCHO, Debora D. Estrella. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 2o edição. Brasil, São Paulo: Editora Melhoramentos, 1976. 371p.

4. COMPOSIÇÃO E REQUISITOS

4.1.Composição

4.1.1. Ingredientes obrigatórios: farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas, água, e demais ingredientes específicos para cada produto de acordo com sua classificação (item 2.2.) e ou designação.

4.1.2. Ingredientes opcionais: fibras, sal (cloreto de sódio), açúcar, mel e outros carboidratos que confirmam sabor doce, leite e derivados, óleos e gorduras, sementes e farinhas de cereais, leguminosas, raízes e tubérculos, ovos, proteínas, frutas secas ou cristalizadas, produtos cárneos, recheio, chocolates, coberturas, condimentos e outros ingredientes que não descaracterizem o produto.

4.2. Requisitos

4.2.1. Características Sensoriais

4.2.1.1. Aspecto: característico do produto.

4.2.1.2. Cor: característica do produto.

4.2.1.3. Odor: característico do produto.

4.2.1.4. Sabor: característico do produto.

4.2.2. Características Químicas, Físicas e Físico-Químicas

O Pão apresenta características químicas de acordo com a sua composição e processo de fabricação. Os ensaios devem ser realizados na massa livre de recheio e cobertura (1).

Produto	Umidade (1), em g/100g Máximo	Acidez (1), em solução normal, mL/100g Máximo	Lipídios (1), em g/100g Mínimo
Pães preparados, exclusivamente, com farinha de trigo comum e ou farinha de trigo especial (sêmola/semolina de trigo)	38,0	-	-
"Grissini", Torrada e Farinha de pão ou de rosca	10,0	-	-
Panetone	30,0	6,0	11,0

(1) massa livre de recheio e cobertura da

4.2.3. Acondicionamento

4.2.3.1. O Pão pode ser comercializado inteiro, fatiado, à granel e ou pré-embalado.

4.2.3.2. O Pão pode ser comercializado semi-pronto, resfriado, congelado, semi-assado ou de outras formas, desde que, após cocção, atenda aos requisitos deste Regulamento.

4.2.3.3 Quando o produto for pré-embalado, as embalagens devem ser adequadas às condições previstas de transporte e armazenamento e conferir ao produto a proteção necessária.

5. ADITIVOS ALIMENTARES E COADJUVANTES DE TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO

Devem obedecer à legislação específica.

6. CONTAMINANTES

Devem estar em consonância com os níveis toleráveis nas matérias-primas empregadas, estabelecidos em legislação específica.

7. HIGIENE

7.1 Considerações Gerais: os produtos devem ser processados, manipulados, acondicionados, armazenados, conservados e transportados conforme as Boas Práticas de Fabricação, atendendo à legislação específica.

7.2. Características macroscópicas: devem obedecer à legislação específica.

7.3 Características microbiológicas: devem obedecer à legislação específica.

7.4 Características microscópicas: devem obedecer à legislação específica.

8. PESOS E MEDIDAS

Devem obedecer à legislação específica.

9. ROTULAGEM

9.1. Deve obedecer ao Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados.

9.2. Quando qualquer Informação Nutricional Complementar for utilizada, deve atender ao Regulamento Técnico específico.

9.3. Deve obedecer à legislação específica de rotulagem para alimentos industrializados que contêm glúten.

9.4. Quando o produto apresentar em sua composição farinha de trigo integral, fibra de trigo, farelo de trigo e ou farinha de cereais (exceto trigo), leguminosas, raízes e tubérculos, deve ser declarado, no rótulo, o percentual destes ingredientes.

10. AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE ANÁLISE

A avaliação da identidade e qualidade deverá ser realizada de acordo com os planos de amostragem e métodos de análise adotados e ou recomendados pela Association of Analytical Chemists International (AOAC), pela Organização Internacional de Normalização (ISO), pelo Instituto Adolfo Lutz, pelo Food Chemicals Codex, pela American Public Health Association (APHA), pelo Bacteriological Analytical Manual (BAM), pela Association Internationale de Chimie Céréalière (ICC), pela American Association of Cereal Chemists (AACC) e ou pela comissão do Codex Alimentarius e seus comitês específicos, até que venham a ser aprovados planos de amostragem e métodos de análises pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ANEXO II

Portaria n ° 27, de 13 de janeiro de 1998

A Secretária de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, no uso de suas atribuições legais, considerando a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos visando a proteção à saúde da população e a necessidade de fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os alimentos que utilizarem a INFORMAÇÃO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR, resolve:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria.

Art. 2º As empresas têm o prazo de 180 (cento e oitenta) dias, a contar da data da publicação deste Regulamento, para se adequarem ao mesmo.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação, ficando revogadas as disposições em contrário.

REGULAMENTO TÉCNICO REFERENTE À INFORMAÇÃO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR

Declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente Regulamento Técnico se aplica, exclusivamente, à Informação Nutricional Complementar dos alimentos que sejam produzidos, embalados e comercializados prontos para oferta ao consumidor.

O presente Regulamento Técnico se aplica sem prejuízo das disposições estabelecidas na legislação de rotulagem de alimentos.

O presente Regulamento Técnico não se aplica às águas minerais naturais nem às demais águas destinadas ao consumo humano.

A declaração da Informação Nutricional Complementar é de caráter opcional, nos alimentos em geral, de acordo com os critérios estabelecidos no item 3.

Para cumprir algum atributo previsto no presente Regulamento Técnico é permitida, nos produtos alimentícios, a substituição de ingredientes e ou alteração de parâmetros estabelecidos nos Padrões de Identidade e Qualidade existentes.

2. DEFINIÇÕES

2.1. Informação Nutricional Complementar

É qualquer representação que afirme, sugira ou implique que um alimento possui uma ou mais propriedades nutricionais particulares, relativas ao seu valor energético e ou seu conteúdo de proteínas, gorduras, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e ou minerais.

Não se considera Informação Nutricional Complementar:

- a) a menção de substâncias na lista de ingredientes;
- b) a menção de nutrientes como parte obrigatória da rotulagem nutricional;
- c) a declaração quantitativa ou qualitativa de alguns nutrientes ou ingredientes ou do valor energético na rotulagem, quando exigida por legislação específica.

2.2. As declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes compreendem :

2.2.1. Conteúdo de nutrientes

É a informação nutricional complementar que descreve o nível e ou quantidade de nutriente e ou valor energético contido no alimento.

2.2.2. Comparativa

Informação nutricional complementar comparativa é a que compara os níveis de nutrientes e ou valor energético de dois ou mais alimentos.

3. CRITÉRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR

3.1. A Informação Nutricional Complementar é permitida, em caráter opcional, nos alimentos em geral.

3.2. A Informação Nutricional Complementar deve referir-se ao alimento pronto para o consumo, preparado, quando for o caso, de acordo com as instruções de rotulagem.

3.2.1. A Informação Nutricional Complementar deve ser expressa por 100g ou por 100 mL do alimento pronto para consumo.

3.3. Não é permitido o uso da Informação Nutricional Complementar que possa levar à interpretação errônea ou engano do consumidor.

3.4. Os critérios quantitativos para a utilização de Informação Nutricional Complementar são aqueles fixados nas tabelas anexas.

3.4.1. Quando a Informação Nutricional Complementar for baseada em características inerentes ao alimento, deve haver um esclarecimento em um lugar próximo à declaração, com caracteres de igual realce e visibilidade, de que todos os alimentos daquele tipo também possuem essas características.

3.4.1.1. O mesmo tratamento deve ser dado quando houver obrigatoriedade legal decorrente de situações nutricionais específicas.

3.5. A utilização da Informação Nutricional Complementar Comparativa deve obedecer às seguintes premissas:

3.5.1. Os alimentos a serem comparados devem ser versões diferentes do mesmo alimento ou alimento similar.

3.5.2. Deve ser feita uma declaração sobre a diferença na quantidade do valor energético e ou conteúdo de nutriente respeitado:

a) A diferença deve ser expressa em percentagem, fração ou quantidade absoluta. Se as quantidades de alimentos comparados forem desiguais, estas devem ser indicadas.

b) A identidade dos alimentos ao qual o alimento está sendo comparado deve ser definida. Os alimentos precisam ser descritos de maneira que possam ser claramente identificados pelo consumidor. O conteúdo de nutriente e ou valor energético do alimento com o qual se compara deve ser calculado a partir de um produto similar do mesmo fabricante; ou do valor médio do conteúdo de três produtos similares conhecidos que sejam comercializados na região; ou de uma base de dados de valor reconhecido.

b.1) A identidade dos alimentos ao qual o alimento está sendo comparado deve ser apresentada por ocasião da solicitação de registro do produto e estar disponível para as autoridades competentes e para atender a consultas do consumidor

3.5.3. A comparação deve atender:

a) uma diferença relativa mínima de 25%, para mais ou para menos, no valor energético ou conteúdo de nutrientes dos alimentos comparados, e

b) uma diferença absoluta mínima no valor energético, ou no conteúdo de nutrientes, igual aos valores constantes nas tabelas anexas para os atributos "fonte" ou "baixo".

4. Termos a serem utilizados para declarações nutricionais relacionadas ao conteúdo de nutrientes e ou valor energético.

4.1. Declarações relacionadas ao conteúdo absoluto de nutrientes e ou de valor energético.

4.1.1. O termo "LIGHT" ou "LITE" ou LEVE pode ser utilizado quando for cumprido o atributo BAIXO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.2. O termo "LOW" ou BAIXO ou POBRE pode ser utilizado quando for cumprido o atributo BAIXO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.3. O termo "VERY LOW " ou MUITO BAIXO pode ser utilizado quando for cumprido o atributo MUITO BAIXO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.4. O termo "HIGH", RICO , ALTO TEOR ou ALTO CONTEÚDO pode ser utilizado quando for cumprido o atributo ALTO TEOR (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.5. O termo "SOURCE" ou FONTE pode ser utilizado quando for cumprido o atributo FONTE (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.6. O termo "FREE", LIVRE, SEM, ZERO , NÃO CONTÉM ou ISENTO , pode ser utilizado quando for cumprido o atributo NÃO CONTÉM (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.1.7. O termo SEM ADIÇÃO pode ser utilizado quando for cumprido o atributo SEM ADIÇÃO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.1).

4.2. Declarações relacionadas ao conteúdo comparativo de nutrientes e ou valor energético .

4.2.1. O termo "LIGHT" , "LITE" , LEVE ou REDUZIDO pode ser utilizado quando for cumprido o atributo REDUZIDO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.2).

4.2.2. O termo "INCREASED " ou AUMENTADO pode ser utilizado quando for cumprido o atributo AUMENTADO (de acordo com a Tabela de Termos e item 5.2).

TABELA DE TERMOS

ATRIBUTO	CONTEÚDO ABSOLUTO DE NUTRIENTES E OU VALOR ENERGÉTICO	TERMOS ESTRANGEIROS CORRESPONDENTES
baixo	baixo (pobre, leve)	light, lite, low...
não contém	não contém (livre..., zero..., sem..., isento de...)	free, no..., without..., zero...
alto teor	alto teor (rico em..., alto conteúdo...)	high..., rich...
fonte de	fonte de...	source...
muito baixo	muito baixo	very low...
sem adição de	sem adição de ...	no... added
ATRIBUTO	CONTEÚDO COMPARATIVO DE NUTRIENTES E OU VALOR ENERGÉTICO	TERMOS ESTRANGEIROS CORRESPONDENTES
reduzido	reduzido... (leve)	light ..., lite ...
aumentado	aumentado...	increased ...

5.1. CONDIÇÕES PARA DECLARAÇÕES RELACIONADAS AO CONTEÚDO DE NUTRIENTES E OU VALOR ENERGÉTICO

.5.2 Conteúdo absoluto

VALOR ENERGÉTICO	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo Máximo de 40 kcal (170 KJ) / 100 g (sólidos)
Baixo	Máximo de 20 kcal (80 KJ) / 100 mL (líquidos) Máximo de 4 kcal / 100 g (sólidos)
Não Contém	Máximo de 4 kcal / 100 mL (líquidos)
AÇÚCARES	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo Máximo de 5 g de açúcares / 100 g (sólidos) Máximo de 5 g de açúcares / 100 mL (líquidos)
Baixo	e mesmas condições exigidas para os atributos REDUZIDO ou BAIXO VALOR ENERGÉTICO, ou frase "este não é um alimento com valor energético reduzido" ou frase equivalente Máximo de 0,5 g de açúcares / 100 g (sólidos) Máximo de 0,5 g de açúcares / 100 mL (líquidos)
Não Contém	e mesmas condições exigidas para os atributos REDUZIDO ou BAIXO VALOR ENERGÉTICO, ou frase "este não é um alimento com valor energético reduzido" ou frase equivalente.
Sem Adição de Açúcares	Açúcares não foram adicionado durante a produção ou embalagem do produto, e não contém ingredientes nos quais açúcares tenham sido adicionados e, mesmas condições exigidas para os atributos REDUZIDO ou BAIXO VALOR ENERGÉTICO, ou frase "este não é um alimento com valor energético reduzido" ou frase equivalente.

SÓDIO	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Máximo de 120 mg sódio / 100 g (sólidos)
Baixo	Máximo de 120 mg sódio / 100 mL (líquidos)
	Máximo de 40 mg sódio / 100 g (sólidos)
Muito baixo	Máximo de 40 mg sódio / 100 mL (líquidos)
	Máximo de 5 mg sódio / 100 g (sólidos)
Não Contém	Máximo de 5 mg sódio / 100 mL (líquidos)
PROTEÍNAS	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Mínimo de 10% da IDR de referência por 100 g (sólidos)
Fonte	Mínimo de 5% da IDR de referência por 100 mL (líquidos)
	Mínimo de 20% da IDR de referência por 100 g (sólidos)
Alto Teor	Mínimo de 10% da IDR de referência por 100 mL (líquidos)
FIBRAS ALIMENTARES	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Mínimo de 3 g fibras / 100g (sólidos)
Fonte	Mínimo de 1,5 g fibras / 100 mL (líquidos)
	Mínimo de 6 g fibras / 100 g (sólidos)
Alto Teor	Mínimo de 3 g fibras / 100 mL (líquidos)
VITAMINAS E MINERAIS	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Mínimo de 15% da IDR de referência por 100 g (sólidos)
Fonte	Mínimo de 7,5% da IDR de referência por 100 mL (líquidos)
	Mínimo de 30% da IDR de referência por 100 g (sólidos)

COLESTEROL	
ATRIBUTO	<p>CONDIÇÕES no produto pronto para consumo</p> <p>Máximo de 20 mg colesterol / 100 g (sólidos)</p> <p>Máximo de 10 mg colesterol / 100 mL (líquidos)</p> <p>e</p> <p>Baixo</p> <p>Máximo de 1,5 g de gordura saturada / 100 g (sólidos)</p> <p>Máximo de 0,75 g gordura saturada / 100 mL (líquidos)</p> <p>Energia fornecida por gorduras saturadas deve ser no máximo 10% do Valor Energético Total</p> <p>Máximo de 5 mg colesterol / 100 g (sólidos)</p> <p>Máximo de 5 mg colesterol / 100 mL (líquidos)</p> <p>Não Contém</p> <p>Máximo de 1,5 g gordura saturada / 100 g (sólidos)</p> <p>Máximo de 0,75 g gordura saturada / 100 mL (líquidos)</p> <p>Energia fornecida por gorduras saturadas deve ser no máximo 10% do Valor Energético Total</p>
<p>Para as informações nutricionais complementares relativas à gordura saturada e colesterol, os ácidos graxos trans devem ser computados no cálculo de gorduras saturadas (quando aplicável)</p>	

GORDURAS TOTAIS	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Máximo de 3 g de gorduras / 100 g (sólidos)
Baixo	Máximo de 1,5 g de gorduras / 100 mL (líquidos)
	Máximo de 0,5 g de gorduras / 100 g (sólidos)
Não Contém	Máximo de 0,5 g de gorduras / 100 mL (líquidos)
GORDURAS SATURADAS	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Máximo de 1,5 g de gordura saturada /100 g (sólidos)
Baixo	Máximo de 0,75 g de gordura saturada /100 mL (líquidos)
	e
	Energia fornecida por gorduras saturadas deve ser no máximo 10% do
	Valor Energético Total
Não Contém	Máximo de 0,1 g de gordura saturada / 100 g (sólidos)
	Máximo de 0,1 g de gordura saturada / 100mL (líquidos)
Para as informações nutricionais complementares relativas à gordura saturada e colesterol, os ácidos graxos trans devem ser computados no cálculo de gorduras saturadas (quando aplicável).	

5.2. Conteúdo COMPARATIVO

VALOR ENERGÉTICO	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Redução mínima de 25% Valor Energético Total
	e diferença maior que
Reduzido	40 kcal / 100 g (sólidos)
	20 kcal / 100 mL (líquidos)
AÇÚCARES	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Redução mínima de 25% de Açúcares e diferença
	maior que 5 g de açúcares / 100 g (sólidos)
	5 g de açúcares / 100 mL (líquidos)
Reduzido	e
	mesmas condições exigidas para os atributos REDUZIDO ou BAIXO VALOR
	ENERGÉTICO, ou frase "este não é um alimento com valor energético
	reduzido" ou frase equivalente, quando a redução de mais de 25% de açúcar
	implicar em aumento ou manutenção do valor energético do produto.
 Gorduras Totais	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Redução mínima de 25% em Gorduras Totais
	e diferença maior que
Reduzido	3g gorduras / 100 g (sólidos)
	1,5 g gorduras/ 100 mL (líquidos)

SÓDIO	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Redução mínima de 25% em Sódio e diferença maior que
Reduzido	120 mg / 100 g (sólidos) 120 mg / 100 mL (líquidos)
PROTEÍNAS	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Aumento mínimo de 25% do teor de proteínas e diferença maior que
Aumentado	10% IDR / 100 g para sólidos 5% IDR / 100 mL para líquidos
FIBRAS	
ATRIBUT	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
O	
	Aumento mínimo de 25% do teor de fibras alimentares e diferença maior que
Aumentado	3g / 100 g para sólidos 1,5g / 100 mL para líquidos
VITAMINAS	
ATRIBUTO	CONDIÇÕES no produto pronto para consumo
	Aumento mínimo de 25% do teor de vitaminas e diferença maior que
Aumentado	15% IDR / 100g para sólidos 7,5% IDR / 100 mL para líquidos

OBSERVAÇÃO: para efeito de rotulagem, VCT (Valor Calórico Total) e VET (Valor Energético Total) podem ser utilizados como sinônimos.

6. REFERÊNCIAS

- 6.1. Codex Alimentarius Commission. Alinorm 97/22, Appendix II, Guidelines for Use of Nutrition Claims.
- 6.2. Codex Alimentarius Commission. Alinorm 97/22, Appendix II, Table of Condition for Nutrient Content (Part A) .
- 6.3. Codex Alimentarius Commission. Alinorm 97/22, Appendix II, Table of Condition for Nutrient Content (Part B) .

6.4. Proposta Brasileira para Regulamento Técnico para Informação Nutricional Complementar, Declarações Relacionadas ao Conteúdo de Nutrientes, Anexo B2, Acta 04/97 MERCOSUL (reunião de novembro de 1997).

6.5. Code of Federal Regulations, Part 101, Labeling

ANEXO III – Informações Nutricionais – Produtos Comerciais

Produto	Marca	Massa	Energia	Porção	Umidade	Carboidrato	Proteína	Lípidos	Fibras	Sais
*Informações Fabricante		(g)	kcal/100g	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Pão de Forma Tradicional	Panco	500	245	27	37,8	47,0	9,0	2,5	3,0	0,72
Pão de Forma Tradicional Leite	Panco	500	250	27	36,3	50,0	9,0	2,0	2,0	0,66
Pão de Forma Tradicional	Pullman	500	240	25	36,2	48,0	8,0	4,0	3,0	0,80
Pão de Forma Tradicional	Wick Bold	500	250	26	34,2	52,0	9,0	1,0	3,0	0,80
Pão de Forma Tradicional	Firenze	500	284	26	30,6	55,0	8,2	3,6	2,0	0,60
Pão de Forma Redondo	Juliana	350	320	25	26,4	56,0	8,0	6,0	3,0	0,64
Pão de Forma Branco Light	Firenze	500	224	25	40,8	45,0	7,4	1,0	5,2	0,55
Pão de Forma Light	Pullman	400	200	25	44,2	41,0	8,0	0,0	6,0	0,79
Pão de Forma Light Bread	Wick Bold	430	210	25	41,3	41,0	11,0	0,0	6,0	0,72
Pão Light Forma	Wick Bold	300	235	25	39,3	46,0	11,0	0,0	3,0	0,65
Pão Integral Light s/casca	Wick Bold	300	190	15	44,2	40,0	10,0	0,0	5,0	0,71
Pão Light Aveia	Wick Bold	400	240	25	36,9	46,0	12,0	0,5	4,0	0,58
Pão Light Aveia	Pullman	400	230	25	39,6	46,0	9,0	0,5	4,0	0,89
Pão de Forma Aveia Light	Firenze	500	233	25	39,8	44,0	11,0	1,4	3,2	0,56
Pão Light	Bryk	430	266	25	30,5	56	8,0	1,0	4,0	0,5
Pão de Forma s/casca	Pullman	300	233	15	34,0	50,0	8,0	4,0	3,0	0,80
Pão Integral Quadrado	Wick Bold	500	246	25	34,5	50,1	8,2	1,4	5,0	0,76
Pão Grão Sabor redondo	Wick Bold	500	260	25	34,7	47,0	10,0	2,5	5,0	0,75
Pão de Centeio	Wick Bold	500	245	30	36,8	48,0	9,0	1,5	4,0	0,66
Pão de Forma Integral	Wick Bold	450	240	30	35,6	48,0	8,0	1,5	6,0	0,62
Pão de Forma Integral	Pullman	500	250	32	35,5	46,9	9,4	1,6	6,0	0,80
Pão Mix Fibras	Pullman	500	250	32	32,1	46,9	12,5	1,6	6,2	0,70
Pão de Forma Sete Grãos	Firenze	500	280	30	31,2	52,0	12,0	0,0	4,0	0,84
Pão Integral Light	Firenze	500	216	30	44,4	41,4	8,6	1,1	4,0	0,51
Pão Integral Wheat Bread	Firenze	500	280	30	31,3	56,0	8,0	0,0	4,0	0,67
Pão de Forma Integral Camponês	Peter Pão	400	288	25	24,4	61,6	8,3	1,0	4,0	0,67
Pão de Forma Integral Camponês	Peter Pão	400	317	25	17,3	67,9	9,1	1,0	4,0	0,70
Pão Preto Integral	Bryk	500	240	26	37,7	46,5	9,1	3,0	3,0	0,65
Pão de Forma Centeio c Linhaça	Peter Pão	400	288	25	20,4	61,7	8,1	5,1	4,0	0,7
Pão de Glúten	Wick Bold	300	250	25	35,4	46	14	1,5	3,0	0,12
Pão de Glúten	Bryk	300	280	25	29,5	56	12	0,0	2,0	0,5
Pão de Glúten	Peter Pão	300	278	25	31,3	55,5	7,7	3,0	2,0	0,5
Pão Hambúrguer c/4 un.	Wick Bold	200	295	55	26,3	55	11,0	4,0	3,0	0,68
Pão Hambúrguer c/4 un Gergelim	Juliana	200	327	55	22,0	60	9,0	5,4	3,0	0,59
Pão Hambúrguer c/4 un.	Pullman	240	267	60	34,2	51,7	6,7	3,3	3,3	0,81
Pão Hambúrguer c/4 un.	Juliana	200	309	55	27,0	59,0	7,0	3,6	3,0	0,57
Pão Hot Dog Nosso Pão	Wick Bold	200	285	55	26,8	56,0	10,0	2,5	4,0	0,68
Pão Hot Dog c/4 un.	Juliana	200	327	55	27,0	55,8	9,1	4,5	3,0	0,62
Pão Hot Dog c/8 un.	Firenze	400	360	50	13,4	66	12,0	6,0	2,0	0,61
Torradas Tradicionais	Wick Bold	225	385	30	5,5	74,0	11,0	5,0	4,0	0,50
Torradas Glúten	Wick Bold	225	395	30	6,4	60,0	23,0	7,0	3,0	0,58
3 Grãos 3 Korn-Brot	Wick Bold	500	180	72	49,5	34,0	6,0	2,0	8,0	0,54
Fitness Brot	Wick Bold	500	175	72	51,5	33,0	6,0	1,0	8,0	0,54
Torrada Canapés	Wick Bold	120	390	30	3,1	76,0	15,0	3,0	2,0	0,87
Pãezinhos Especiais de Trigo	Wick Bold	200	393	16	5,7	70,8	11,5	7,5	4,0	0,54
Pãezinhos Esp. Trigo Integral	Wick Bold	200	365	20	7,4	67,0	10,0	8,0	7,0	0,60
Bisnaguinhas (19 un)	Pullman	300	285	16	29,1	57,0	7,0	3,2	3,0	0,70
Bisnaguinhas (15 un)	Juliana	300	300	20	21,4	60,0	10,0	5,0	3,0	0,60
Bisnaguinhas	Firenze	300	300	20	26,4	55,0	10,0	5,0	3,0	0,60
Bisnaguinhas Jack	Wick Bold	300	315	20	25,4	57,0	7,0	6,0	4,0	0,6
Bisnaguinhas	Panco	300	300	18	26,3	56,0	9,0	5,0	3,0	0,72
Pão de Milho	Panco	500	300	19	27,7	58,0	8,0	4,0	2,0	0,32
Egg Sponge c/10 un	Panco	250	320	25	26,6	49,0	10,0	10,0	4,0	0,43

COMP. DE	TELEF. DE
DEF.	PHONE
	TEL.
FAX	FAX

AGENTE DE MASSA COM APENAS 1 KCAL/G
 ("bulking agent")

Descrição: Polidextrose beneficiada, utilizada como substituto do corpo do açúcar, que mantém as características originais do produto. Proporciona redução calórica de 75%. Ideal para formular produtos "LIGHT" e "DIET".

Benefícios:

- Redução calórica de 75% ao substituir o açúcar.
- Melhora textura e viscosidade.
- Bastante solúvel e de fácil aplicação.
- Provoca o abaixamento do ponto de congelamento.
- Versátil e compatível com muitas aplicações.
- Possibilita substituir gordura.

Aplicações: Pode ser utilizado em diversos produtos, tais como:

- Balas, confeitos e gomas em geral.
- Chocolates e derivados.
- Produtos forneados.
- Doces em geral.
- Sorvetes, sobremesas geladas, caldas e coberturas.

Análises Típicas:	Carboidratos (em polidextrose)	90% Mín
	Umidade	4% Máx
	Derivado de glicose	4% Máx
	Sorbitol	2% Máx
	Proteína	Ausente
	Lipídeos	Ausente

Características:

- Pó creme homogêneo.
- Higroscópico (alta).
- Elevado grau de pureza.
- Não confere sabor e odor aos produtos.

Embalagem: Saco plástico multifolhado Kraft de 25 Kg com revestimento interno de polietileno, vedado separadamente.

Armazenagem: Armazenar em ambiente fresco (máx 25°C) e seco (U.R. máx 65%).

TOVANI BENZAQUEN

PHONE NO. : 55+11 69769506

Aug. 29 2003 03:05PM P3

BATCH ANALYSIS DATA SHEET Sucralose, SLENDA® Brand Sweetener

Product Form: Micronized Powder

LOT NUMBER: G0603B36MB

SPECIFICATION NUMBER: MS 10000.11

MANUFACTURE DATE: 07/06/03

ANALYTICAL RESULTS

TEST PARAMETER	TEST LIMIT	TEST RESULT
Appearance	White to off-white, crystalline powder	White Powder
Assay	98.0 % to 102.0 % of sample calculated on a water - and solvent-free basis	100.04 %
Water (KF)	2.0% w/w maximum	0.09 %
pH	Decrease of one pH unit maximum-	- 0.1 Difference
Identity (HPLC)	The relative retention time corresponds to that of the sucralose standard in the assay procedure.	Passes Test
Methanol	0.1 % w/w maximum	Less than 0.1 %
Related Substances	<0.5% sucralose reference standard	Passes Test
Residue on Ignition	0.7 % w/w maximum	Less than 0.7 %
Arsenic (as As)	3 ppm maximum	Less than 3 ppm
Heavy Metals (as Pb)	10 ppm maximum as Pb	Less than 10 ppm
Particle Size	90 % ≤ 12 microns	Less than 12 microns
Hydrolysis Products	Passes test	Passes Test
Specific Rotation	+ 84.0° to + 87.5° (on a dry basis)	+ 84.62 °
Organoleptic	Passes test	Passes Test

MICROBIOLOGICAL RESULTS

TEST PARAMETER	TEST LIMIT	TEST RESULT
Total Aerobic Count	250/g maximum	Less than 250/g
Yeasts/Molds	50/g maximum	Less than 50/g
Coliforms	Negative to Test (< 10/g)	Negative to Test
E. coli	Negative to Test (< 10/g)	Negative to Test
S. aureus	Negative to Test (< 10/g)	Negative to Test
Salmonella	Negative to Test (Absent in 25g)	Negative to Test

Sucralose is fit for human consumption.

It is recommended Micronized Sucralose be used within 24 months of manufacture, while stored at an average temperature of 77° F (25°C) or below, with a maximum temperature not to exceed 95°F (35°C), in a dry, non-odoriferous environment.

Kathleen Ramige
Kathleen Ramige
Quality Assurance

7/14/03
Date

DANISCO CULTOR

PRODUCT DESCRIPTION – PD 501 – 1E AME

BENEFAT® B Reduced Calorie Triglyceride - Salatrim

Nutrition Data

(Approximate values for nutrition labeling per 100 g)

Energy	500Kcal/2,100 kJ
Protein	0
Carbohydrate	0
of which sugars	0
Fat	55 g
of which saturates	51 g
Fiber	0
Sodium	0

Note: Labeling requirements vary from country to country. Consult your local Danisco Cultor contact and independent legal counsel.

Storage

Conditions

BENEFAT® B should be stored cool and dry (preferable refrigerated at 10°C/50°F).

Shelf Life

Min. 12 months from date of production when the storage conditions specified are observed.

Packaging

Cartons of 45 lbs net (20.4 kg)

Purity and Legal Status

BENEFAT® B Reduced Calorie Triglyceride Salatrim can legally be used in certain foods in the USA following acceptance for filing of a GRAS Affirmation Petition on June 30th, 1994 (Federal register 59, 125, 33774).

The information in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

Further advice can be obtained on categories of use.

Safety and Handling

A Material Health and Safety Data Sheet is available on request.

SISTEMA LECO DA QUALIDADE		EC: GVCX-003																																								
	ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO ACABADO		Emissão: 13/06/2002 Versão: 02																																								
Item:	GORDURA VEGETAL "H																																										
Marca:	MESA																																										
CÓPIA NÃO CONTROLADA																																											
I -	Descrição : Produto homogêneo com 100% de lipídios, de consistência plástica, coloração levemente amarelada, odor e sabor característicos. Obtido a partir de óleo vegetal (soja e/ou palma), parcialmente hidrogenado, e protegido com antioxidantes BHT e ácido cítrico.																																										
II -	Aplicação : Confeção de pães, pães de forma, massas doces e salgadas, tortas, bolos, biscoitos, cremes de recheio e de cobertura.																																										
III -	Características Físico - Química <table border="1"> <tr> <td>Cor Lovibond (cuba 5 ¼")</td> <td>4,0</td> <td>máx.</td> <td>vermelho</td> </tr> <tr> <td>Acidez</td> <td>0,05</td> <td>máx.</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Sabões (oleato de sódio)</td> <td>0</td> <td>máx.</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>Ponto de Fusão Metler</td> <td>44,0</td> <td>+ / -</td> <td>2,0 °C</td> </tr> <tr> <td>Índice de Peróxido</td> <td>1,0</td> <td>máx.</td> <td>meq / kg</td> </tr> </table>			Cor Lovibond (cuba 5 ¼")	4,0	máx.	vermelho	Acidez	0,05	máx.	%	Sabões (oleato de sódio)	0	máx.	ppm	Ponto de Fusão Metler	44,0	+ / -	2,0 °C	Índice de Peróxido	1,0	máx.	meq / kg																				
Cor Lovibond (cuba 5 ¼")	4,0	máx.	vermelho																																								
Acidez	0,05	máx.	%																																								
Sabões (oleato de sódio)	0	máx.	ppm																																								
Ponto de Fusão Metler	44,0	+ / -	2,0 °C																																								
Índice de Peróxido	1,0	máx.	meq / kg																																								
IV -	Curva de sólidos <table border="1"> <tr> <td>10,0 °C</td> <td>52,0</td> <td>+ / -</td> <td>6,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>21,1 °C</td> <td>35,0</td> <td>+ / -</td> <td>5,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>26,7 °C</td> <td>25,0</td> <td>+ / -</td> <td>5,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>33,3 °C</td> <td>16,0</td> <td>+ / -</td> <td>4,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>37,8 °C</td> <td>10,0</td> <td>+ / -</td> <td>3,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>45,0 °C</td> <td>3,0</td> <td>+ / -</td> <td>2,0</td> <td>%</td> </tr> </table>			10,0 °C	52,0	+ / -	6,0	%	21,1 °C	35,0	+ / -	5,0	%	26,7 °C	25,0	+ / -	5,0	%	33,3 °C	16,0	+ / -	4,0	%	37,8 °C	10,0	+ / -	3,0	%	45,0 °C	3,0	+ / -	2,0	%										
10,0 °C	52,0	+ / -	6,0	%																																							
21,1 °C	35,0	+ / -	5,0	%																																							
26,7 °C	25,0	+ / -	5,0	%																																							
33,3 °C	16,0	+ / -	4,0	%																																							
37,8 °C	10,0	+ / -	3,0	%																																							
45,0 °C	3,0	+ / -	2,0	%																																							
V -	Informação Nutricional : <table border="1"> <tr> <td colspan="4">Porção de 15 gramas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Quantidade por porção</td> <td colspan="2">% VD (*)</td> </tr> <tr> <td>Valor calórico</td> <td>140 Kcal</td> <td colspan="2">6</td> </tr> <tr> <td>Carboidratos</td> <td>0 g</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td>0 g</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td>Gorduras totais</td> <td>15 g</td> <td colspan="2">19</td> </tr> <tr> <td>Gorduras saturadas</td> <td>5 g</td> <td colspan="2">20</td> </tr> <tr> <td>Colesterol</td> <td>0 mg</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td>Sódio</td> <td>0 mg</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td colspan="4">* Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.500 calorias</td> </tr> </table>			Porção de 15 gramas				Quantidade por porção		% VD (*)		Valor calórico	140 Kcal	6		Carboidratos	0 g	0		Proteínas	0 g	0		Gorduras totais	15 g	19		Gorduras saturadas	5 g	20		Colesterol	0 mg	0		Sódio	0 mg	0		* Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.500 calorias			
Porção de 15 gramas																																											
Quantidade por porção		% VD (*)																																									
Valor calórico	140 Kcal	6																																									
Carboidratos	0 g	0																																									
Proteínas	0 g	0																																									
Gorduras totais	15 g	19																																									
Gorduras saturadas	5 g	20																																									
Colesterol	0 mg	0																																									
Sódio	0 mg	0																																									
* Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.500 calorias																																											
VI -	Embalagem : <table border="1"> <tr> <th>Código produto</th> <th>Embalagem</th> <th>Registro M. Saúde</th> <th>Peso líquido</th> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Caixa de papelão contendo produto protegido com saco de polietileno atóxico.</td> <td>Dispensado de registro conforme RDC N°23 de 15 de março de 2000</td> <td>24 kg</td> </tr> </table>			Código produto	Embalagem	Registro M. Saúde	Peso líquido	29	Caixa de papelão contendo produto protegido com saco de polietileno atóxico.	Dispensado de registro conforme RDC N°23 de 15 de março de 2000	24 kg																																
Código produto	Embalagem	Registro M. Saúde	Peso líquido																																								
29	Caixa de papelão contendo produto protegido com saco de polietileno atóxico.	Dispensado de registro conforme RDC N°23 de 15 de março de 2000	24 kg																																								
VII -	Validade : <table border="1"> <tr> <td>Aberto :</td> <td>15 dias</td> </tr> <tr> <td>Fechado :</td> <td>6 meses a partir da data de fabricação, mantida as condições de estocagem e transporte</td> </tr> </table>			Aberto :	15 dias	Fechado :	6 meses a partir da data de fabricação, mantida as condições de estocagem e transporte																																				
Aberto :	15 dias																																										
Fechado :	6 meses a partir da data de fabricação, mantida as condições de estocagem e transporte																																										
VIII -	Armazenamento : Em local fresco, seco, limpo, livre de odores estranhos , insetos roedores e aves, com temperatura máxima de 25°C.																																										
IX -	Transporte : Protegido de intempérie, em veículo seco, limpo, isento de resíduos e odores fortes. Não transportar junto com produtos não alimentícios , e/ou que exalem odores fortes .																																										
Elaborado por :		Aprovado por :	Referência:																																								
Controle de Qualidade		Pesquisa e Desenvolvimento	EC GVCX-003																																								