



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA,
ESTRUTURAL E SENSORIAL DO
PÃO DE QUEIJO**

JOELMA PEREIRA


2001

51640

MFN 0647L

JOELMA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA, ESTRUTURAL E
SENSORIAL DO PÃO DE QUEIJO**



Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Dr. César Francisco Ciacco

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pereira, Joelma

Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo / Joelma
Pereira. -- Lavras : UFLA, 2001.
222 p. : il.

Orientador: César Francisco Ciacco.
Tese (Doutorado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Pão de queijo. 2. Polvilho. 3. Composição química. 4. Consistência. 5.
Análise sensorial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-641.815
-664.7523

JOELMA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA, ESTRUTURAL E
SENSORIAL DO PÃO DE QUEIJO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 05 de março de 2001

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela	UFLA
Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira	UFLA
Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes	UFLA
Prof. Dr. Renato Cruz	UFV



Prof. Dr. César Francisco Ciacco

UNICAMP

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

A Deus, presença constante em minha vida.
Aos meus pais, Francisco e Maria da Glória, pelo carinho, apoio e incentivo.
À minha filha, Maria Luiza, pelo seu amor incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

À TUP-GUAR Indústria e Comércio Limitada, pela doação do polvilho azedo e do polvilho doce utilizados neste trabalho.

Ao Prof. Dr. César Francisco Ciacco, pela orientação, atenção, confiança e valiosa contribuição.

Ao Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela, pela co-orientação, disponibilidade, ensinamentos e amizade.

À Profa. Dra. Rosemary Gualberto F. A. Pereira, pela co-orientação, sugestões e amizade.

Ao Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes, pelas sugestões e apoio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Renato Cruz, pelas sugestões e amizade.

À Profa. Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos, pelas minhas primeiras pesquisas na área de alimentos, disponibilidade, incentivo e amizade.

À Profa. Dra. Eliana Pinheiro de Carvalho, pela atenção e amizade.

À Profa. Dra. Vânia Déa de Carvalho, pelo incentivo, carinho e amizade.

Aos Professores Ms. Paulo Roberto Clemente (Laboratório de Análise Sensorial), Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas (Laboratório de Análise de Produtos Vegetais), Dr. Eng. José Cal-Vidal (Laboratório de Microestrutura e Arquitetura Alimentar), Prof. Dr. José Maria de Lima (Laboratório de Mineralogia e Química do Solo), pela colaboração.

A todos os professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pelo apoio e amizade.

A todos os funcionários do DCA, pelo alegre convívio e amizade e, especialmente, às laboratoristas Tina e Sandra, pela atenção e experiência transmitida e ao Sr. Piano, Sr. Miguel, Cidinha e Creuza, por estarem sempre prontos a ajudar.

A Marcos Aurélio Carolino de Sá, pelo auxílio na análise de difração de raio-x.

Ao amigo Rogério Amaro Gonçalves, pelo grande apoio nas análises estatísticas e na editoração de imagens, disponibilidade e amizade.

Aos colegas de curso, Fernando Resplande Magalhães, pelo apoio na análise sensorial e Milton Cano-Chauca, pelo auxílio nas análises de força de compressão.

A todos os estagiários do Laboratório de Grãos e Cereais que auxiliaram nas várias etapas deste trabalho e com quem aprendi que um mesmo conceito pode ser vislumbrado sob vários ângulos, podendo ser todos eles verdadeiros e complementares.

Aos amigos Luciana Lopes, Gilvana, Valéria, Karina, Cristiane, Alexandre, Nísia, Simone, Alzira, Rossana, Raquel, Gaby, Ivana, Clécia, Pedro, Geraldo, Heloísa e Celso, pela amizade, carinho e apoio.

A todos os alunos, funcionários e estagiários que fizeram parte do painel sensorial.

A todas as pessoas que sempre estiveram ao meu lado e àquelas que, mesmo de longe, souberam transmitir sua força, seu incentivo, sua amizade.

A meus familiares, Jander, Valéria, João Victor, José Maurício, Fátima, Leticia e Mariana, pelo grande incentivo e confiança.

A Deus, por tudo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Considerações gerais.....	3
2.2 Amido, fécula e polvilho.....	4
2.3 Produção de polvilho doce e azedo.....	5
2.3.1 Mudanças ocorridas na fermentação.....	7
2.4 Constituição química e propriedades químicas e físicas do amido.....	9
2.4.1 Constituição química.....	10
2.4.2 Viscosidade do amido.....	11
2.4.3 Densidade absoluta do amido.....	15
2.4.4 Difração de raio-x.....	16
2.5 Pão de queijo.....	17
2.6 Obtenção do pão de queijo.....	19
2.7 Ingredientes do pão de queijo.....	23
2.7.1 Polvilho.....	23
2.7.2 Leite.....	24
2.7.3 Água.....	26
2.7.4 Óleos e gorduras.....	26
2.7.5 Ovo.....	28
2.7.6 Queijo.....	31
2.7.7 Sal.....	33
2.8 Características sensoriais do pão de queijo.....	33

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Material.....	36
3.1.1 Obtenção das matérias-primas.....	36
3.1.2 Obtenção das amostras.....	39
3.1.2.1 Massa de pão de queijo.....	39
3.1.2.2 Pão de queijo obtido de massa não-congelada.....	40
3.1.2.3 Pão de queijo obtido de massa congelada.....	40
3.1.2.4 Preparo das amostras de pão de queijo para análise.....	41
3.2 Análises.....	41
3.2.1 Umidade.....	41
3.2.2 pH.....	41
3.2.3 Acidez titulável.....	42
3.2.4 Propriedades viscoamilográficas.....	42
3.2.5 Densidade absoluta.....	43
3.2.6 Difractometria de raio-x.....	43
3.2.7 Cinza.....	43
3.2.8 Extrato etéreo.....	43
3.2.9 Proteína.....	44
3.2.10 Consistência das massas.....	44
3.2.11 Rendimento e perda das massas.....	44
3.2.12 Caracterização dos pães de queijo.....	45
3.2.13 Análise de resistência à compressão.....	46
3.2.14 Análise sensorial.....	46
3.2.15 Análise estatística.....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Caracterização do Polvilho.....	52
4.1.1 Umidade, pH, acidez titulável e densidade absoluta das amostras de polvilho.....	52

4.1.2 Propriedades viscoamilográficas.....	53
4.1.3 Difractometria de raio-x.....	58
4.2 Caracterização da massa de pão de queijo.....	61
4.2.1 Umidade das massas de pão de queijo.....	61
4.2.2 Cinza das massas de pão de queijo.....	62
4.2.3 Proteína das massas de pão de queijo.....	65
4.2.4 Extrato etéreo das massas de pão de queijo.....	68
4.2.5 pH das massas de pão de queijo.....	40
4.2.6 Acidez titulável das massas de pão de queijo.....	73
4.2.7 Evolução da consistência das massas de pão de queijo.....	76
4.2.8 Consistência final das massas de pão de queijo.....	84
4.2.9 Rendimento e perda das massas de pão de queijo.....	85
4.3 Caracterização do pão de queijo.....	88
4.3.1 Umidade dos pães de queijo.....	88
4.3.2 Umidade do miolo dos pães de queijo.....	91
4.3.3 Cinza dos pães de queijo.....	92
4.3.4 Proteína dos pães de queijo.....	94
4.3.5 Extrato etéreo dos pães de queijo.....	98
4.3.6 pH dos pães de queijo.....	100
4.3.7 Acidez titulável dos pães de queijo.....	102
4.4 Caracterização física dos pães de queijo.....	104
4.4.1 Densidade dos pães de queijo.....	104
4.4.2 Volume específico dos pães de queijo.....	105
4.4.3 Índice de expansão dos pães de queijo.....	106
4.4.4 Espessura da casca e do fundo dos pães de queijo.....	109
4.4.5 Diâmetro dos pães de queijo.....	110
4.4.6 Área dos pães de queijo.....	111
4.4.7 Espaço entre o miolo e a casca dos pães de queijo.....	112

4.8.2.7 Umidade do miolo dos pães de queijo.....	166
4.8.3 Atributos do paladar.....	174
4.8.3.1 Crocância dos pães de queijo.....	174
4.8.3.2 Sabor de polvilho dos pães de queijo.....	175
4.8.3.3 Sabor de queijo dos pães de queijo.....	175
4.8.3.4 Sabor de ovo dos pães de queijo.....	176
4.8.3.5 Sabor de óleo dos pães de queijo.....	177
4.8.3.6 Gosto salgado dos pães de queijo.....	178
4.8.3.7 Sabor residual nos pães de queijo.....	179
4.8.3.8 Sabor e aroma típicos dos pães de queijo.....	180
5 CONCLUSÕES.....	187
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	190
ANEXOS.....	200

RESUMO

PEREIRA, Joelma. Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo. Lavras: UFLA, 2001. 222p. (Tese – Doutorado em Ciência dos Alimentos).*

A importância comercial do pão de queijo vem crescendo a cada dia. Além de ser um alimento nutritivo, é uma fonte alternativa de carboidrato para pessoas alérgicas às proteínas do trigo. A exportação de pão de queijo já é uma realidade e para otimização de sua produção e de sua qualidade faz-se necessário ampliar o conhecimento das características do produto final, dos ingredientes que o compõem e das várias fases do processo de fabricação. Isto porque tais elementos são muito variáveis, inexistindo uma padronização dos mesmos, o que muitas vezes pode originar produtos comerciais com baixa qualidade. Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais e visou ao estudo de tipos diferentes de polvilho, de diferentes formulações e de massas não-congeladas e congeladas na caracterização física, química, estrutural e sensorial do pão de queijo. Foram utilizados polvilhos azedo, 70% azedo + 30% doce, 50% azedo + 50% doce e polvilho doce e as seguintes formulações: completa, sem leite (substituído por água), sem ovo e sem queijo. Cada tipo de polvilho foi combinado com cada tipo de formulação na obtenção das massas e estas foram utilizadas não-congeladas ou congeladas. Os polvilhos apresentaram algumas diferenças inerentes a seus respectivos tipos e todos foram considerados adequados para a fabricação de pão de queijo. O tipo de polvilho ainda interferiu em algumas características das massas e dos produtos finais, principalmente quanto ao pH e à acidez titulável. As formulações apresentaram resultados variáveis de acordo com os ingredientes que as compuseram. Formulações sem leite se comportaram muitas vezes como as formulações completas. O leite, o ovo e o queijo enriqueceram nutricionalmente as formulações e forneceram à massa características ideais de plasticidade, umidade e estrutura, o que refletiu diretamente no produto assado. Massas com boas características originaram pães de queijo com melhores características de panificação e sensoriais. O ovo mostrou-se muito importante para dar plasticidade e umidade à massa. O queijo foi importante para a estrutura interna e externa do pão de queijo. A consistência das massas se mostrou totalmente dependente da formulação utilizada, assim

*Comitê Orientador: César Francisco Ciacco – UNICAMP (Orientador), Evódio Ribeiro Vilela - UFLA, (Co-orientador), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Co-orientadora).

the bread. The consistence of the dough showed total dependence of the formulation composition. Freezing caused negative effect on some aspects of bread quality, being deleterious to the structure formed in the interior of the cells of the bread.

1 INTRODUÇÃO

A mandioca é um vegetal que vem sendo cultivado no Brasil desde quando o país era habitado apenas por indígenas. Com o passar do tempo, as pessoas foram descobrindo novas formas de utilização desta raiz. Os polvilhos doce e azedo são largamente consumidos, destacando-se entre os principais produtos derivados da mandioca.

As indústrias de polvilho se concentram nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, sendo que as cidades de Divinópolis e Pouso Alegre representam o maior volume da produção mineira.

O maior uso do polvilho é como ingrediente básico na fabricação de biscoitos e de pão de queijo, sendo este último considerado originário de Minas Gerais. Há, entretanto, diversas variantes nas formulações do pão de queijo e uma delas reside no tipo de polvilho: alguns utilizam polvilho azedo, outros o polvilho doce e outros ainda uma mistura destes dois polvilhos.

Além de ser uma fonte reconhecida de carboidratos, o pão de queijo também é um produto de panificação isento de glúten, o que o coloca como alimento alternativo para pacientes celíacos, alérgicos às proteínas do trigo.

O congelamento das massas de pão de queijo propiciou uma ampliação de mercado, interno e externo, que era pouco explorado para este produto. Esta evolução evidenciou a necessidade de se padronizar a sua fabricação, a fim de melhorar a sua qualidade.

Como não existem muitos estudos considerando os tipos de polvilho utilizados para a produção de pão de queijo, as características próprias das massas, os pães de queijo resultantes conforme os tipos de polvilho, as formulações e o congelamento ou não das massas, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização dos polvilhos doce e azedo quanto as suas propriedades

químicas, físicas e estruturais. Também foram estudadas essas mesmas características para as massas e os pães de queijo obtidos de polvilho azedo, de polvilho doce e da mistura de ambos. Por fim, objetivou-se ainda o estudo das propriedades tecnológicas dos ingredientes (leite, ovo e queijo) na qualidade, inclusive sensorial, dos pães de queijo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais

A mandioca representa uma fonte energética para 500 milhões de pessoas, sendo cultivada em mais de 80 países. A participação do Brasil na produção mundial é de mais de 15%, sendo essas raízes cultivadas em todos os estados brasileiros, constituindo-se no 9º produto agrícola do país e o 6º em valor de produção (CNPMF/EMBRAPA, 2000).

A produção nacional de mandioca em 1998 foi de 19.502.717 t, sendo os estados do Pará (3,5 milhões t), Paraná (3,2 milhões t) e Bahia (2,9 milhões t) os maiores produtores. A região sudeste participou com 9,72% desta produção, sendo Minas Gerais responsável por 4,42% da produção brasileira (CNPMF/EMBRAPA, 2000).

No âmbito internacional, a Nigéria ocupa o primeiro lugar como produtor mundial de mandioca e o Brasil, juntamente com a Tailândia, ocupa o segundo lugar. Segundo Arias (2000), além desses, as Filipinas, a Malásia e a Angola são os principais produtores mundiais de amido de mandioca. Todos são países em desenvolvimento, com uma agricultura sem grandes recursos tecnológicos. Atualmente, a produção mundial de amido de mandioca se aproxima de 900 mil toneladas (Arias, 2000).

De toda a produção nacional de mandioca, somente uma parte dela é destinada à produção de polvilho. Em 1994, aproximadamente 6,2% da produção foi destinada às fecularias, sendo que as principais indústrias no Brasil encontram-se nas regiões sudeste, sul e no estado do Mato Grosso do Sul (Rivera, 1996).

2.2 Amido, fécula e polvilho

O amido é a principal fonte de carboidratos na dieta humana, além de constituir matéria-prima, juntamente com seus derivados, para numerosas indústrias. Na indústria alimentícia atua como espessante, estabilizante, ligante ou material para recheio; na indústria têxtil, como material para engomagem, estamparia, acabamento e lavanderia; na indústria de papel, para dar corpo e acabamento; na de produtos farmacêuticos, como diluente; na flocculação de minerais e “lama” de perfuração de poços de petróleo; como ingredientes em adesivos e abrasivos e outros (Sarmiento, 1989).

Segundo a Resolução 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde - CNNPA/MS (Brasil, 1978), amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais (sementes, etc). Fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes, rizomas). Polvilho ou fécula de mandioca é o produto extraído da mandioca. Por meio de normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas, o polvilho é classificado em doce e azedo, tendo por base apenas o teor de acidez. Para o produto fermentado, a acidez deve ser, no máximo, de 5 mL de NaOH N/100g e para o não-fermentado de 1 mL de NaOH N/100g. Para outras características, os valores são idênticos: umidade máxima de 14% p/p, teor mínimo de amido de 80% p/p e resíduo mineral fixo máximo de 0,5% p/p (ABIA, 2000).

Freqüentemente são encontrados desvios em relação a estes valores. Isto ocorre pelo fato de o polvilho azedo ser produzido por fermentação natural, sem condições de controle, o que dificulta a uniformidade do produto, mesmo em partidas de lotes da mesma origem, ocorrendo, até mesmo, problemas de controle de higiene que interferem no produto final (Arias, 2000).

Neste trabalho foi considerado como polvilho doce o amido não-fermentado e seco ao sol e como polvilho azedo, o amido fermentado naturalmente e seco ao sol.

2.3 Produção de polvilho doce e azedo

Existem tecnologias diferentes para a produção de polvilho doce, pois estes foram desenvolvidos empiricamente. Apesar destas diferenças, é possível obter um produto de boa qualidade, bom desempenho e boa aceitação por parte dos consumidores (Arias, 2000).

O processo de produção de polvilho doce, independentemente da técnica empregada, consiste na lavagem e descascamento das raízes, desintegração para liberação dos grânulos de amido, purificação para a separação das fibras e do material solúvel e decantação. Na etapa final, o polvilho é seco ao sol por um ou dois dias no máximo (Ciacco e Cruz, [1982]; Vilela e Ferreira, 1987).

O processo básico para a obtenção do polvilho azedo envolve a lavagem, descascamento e ralação das raízes, peneiragem da massa sob água corrente e decantação da suspensão amilácea com sucessivas lavagens para eliminação de fibras e impurezas.

A fécula purificada é submetida à fermentação natural em cochos de madeira ou tanques de alvenaria, sob uma camada de 10 a 20 cm de água. Os tanques de fermentação ficam em galpões cobertos para proteção contra as intempéries e contaminação por material estranho (Nakamura, 1975) ou expostos às condições ambientais (Cereda, 1973).

Após o final da fermentação, em média 40 dias, retira-se a camada superficial de água, limpando-se a superfície dos tanques. A massa fermentada com umidade em torno de 40% a 50%, consistência friável e aspecto de queijo é retirada dos tanques e submetida à secagem. A secagem geralmente é feita ao sol, processo que pode ser limitante para a produção em grande escala (Cereda,

1987). O polvilho azedo tradicional apresenta uma granulação típica por ser esfarelado úmido e seco ao sol em céu aberto, sob jiraus de bambu ou plástico preto (Arias, 2000).

O processo de moagem e homogeneização do polvilho nem sempre é realizado. Esta etapa promove uma uniformização na granulometria, originando uma aparência melhor do produto. Para se conseguir um produto uniforme e mais fino, utiliza-se o moinho de martelo, onde o polvilho é reduzido a pó e, posteriormente, é passado em peneiras centrífugas (Cereda, 1987).

O acondicionamento do polvilho depende do tipo de comercialização que se pretende adotar, uma vez que o produto pode ser distribuído no comércio varejista ou atacadista (Cereda, 1987). /

A Resolução nº 66/71 do Conselho Nacional do Comércio Exterior - CONCEX (BRASIL, 1993) classifica a fécula de mandioca segundo a sua pureza e característica em três tipos:

Tipo 1 ou A – é o produto não fermentado, constituído de 84% no mínimo, de amido; vazamento de 99% na peneira com abertura de 0,105 mm; umidade máxima de 14%; ponto de rompimento entre 58 e 83 graus centígrados; cor (cozida) de 9A1, 10A1 ou 11A1; de boa viscosidade, mostrando ainda os limites máximos de tolerância para teor de fator ácido de 4,5 mL, para pH de 4,5 a 6,5, para cinzas de 0,12% e para polpa de 0,5 mL.

Tipo 2 ou B – é o produto não fermentado, constituído de 82% no mínimo, de amido; vazamento de 99% na peneira com abertura de 0,105 mm; umidade máxima de 14%; ponto de rompimento entre 58 e 83 graus centígrados; cor (cozida) de 9A1, 10A1, 11A1, 12A1 ou 13A1; com regular viscosidade, mostrando ainda os limites máximos de tolerância para teor de fator ácido de 4,5 mL, para pH de 4,5 a 6,5, para cinzas de 0,5% e para polpa de 2,5 mL.

Tipo 3 ou C – é o produto não fermentado, constituído de 80% no mínimo, de amido; vazamento de 99% na peneira com abertura de 0,105 mm;

umidade máxima de 14%; ponto de rompimento entre 58 e 83 graus centígrados; cor (cozida) de 9A1, 10A1, 11A1, 12A1, 12B1 ou 13A1; com fraca viscosidade, mostrando ainda os limites máximos de tolerância para teor de fator ácido de 6,0 mL, para pH de 4,0 a 6,5, para cinzas de 1,0% e para polpa de 3,5 mL.

2.3.1 Mudanças ocorridas na fermentação

As diversas alterações que ocorrem na fécula durante a fermentação são atribuídas ao desenvolvimento de variada microflora proveniente da matéria-prima, água e meio ambiente, uma vez que o único substrato empregado, restringe-se a uma suspensão de amido granular em água (Cereda e Giaj-Levra, 1987).

Ascheri e Vilela (1995), estudando as mudanças que ocorrem nas características do polvilho e dos biscoitos elaborados durante a fermentação natural do polvilho de mandioca, concluíram que: 1) o processo de fermentação altera a composição química do polvilho em fibra, proteína e cinza em decorrência das contaminações e do desenvolvimento microbiológico; 2) há aumento da percentagem de amido danificado; 3) ocorre redução dos valores de viscosidade máxima e aumento no poder de inchamento e índice de solubilidade do polvilho e 4) as mudanças físico-químicas e reológicas no polvilho geraram mudanças desejáveis no processo de panificação dos biscoitos.

A fermentação provoca enfraquecimento das forças associativas que mantêm os grânulos de amido, aumentando o poder de inchamento e a absorção de água. A fermentação também provoca degradação dos grânulos de amido devido à ação de ácidos e enzimas produzidos durante a mesma (Saito, Pasquini e Franco, 1993).

O amido de mandioca fermentado, em relação ao amido não-fermentado, apresenta grandes diferenças no pH, acidez titulável, número alcalino, peso molecular médio e na viscosidade intrínseca.

Camargo et al. (1988) reportaram para o amido fermentado valores de pH e acidez titulável na faixa de 3,4 a 3,9 e de 53 a 130 meq/kg, respectivamente, enquanto que o amido não-fermentado apresentou pH no intervalo de 4,2 a 4,4 e acidez titulável de 19 a 26 meq/kg.

Cárdenas e Buckle (1980) determinaram aumento no número alcalino de 1,2 a 8,2 e queda no peso molecular médio de 215.000 a 30.000 g/mol, sugerindo hidrólise do amido durante a fermentação. Asquieri (1990) observou que a fermentação provocou queda na viscosidade intrínseca do amido.

É desconhecido o efeito do processo fermentativo sobre as propriedades funcionais do polvilho, particularmente as de expansão da massa para fabricar biscoitos. Até o presente momento, o critério utilizado em muitas indústrias para verificar o final da fermentação baseia-se em características externas subjetivas da massa em fermentação, tais como odor, presença de bolhas de gás e acidificação do material. A medição de acidez e pH é teste quantitativo que, não obstante, não tem mostrado valor como único critério para determinar o momento apropriado de término da fermentação. Prova disso é encontrada na ampla variação de teores de acidez titulável e de pH de amostras de polvilho azedo comercial de diversas procedências. O tempo de fermentação é muito variável, entre 20 e 60 dias, dependendo da região produtora, da temperatura ambiente ou das condições particulares da indústria e de outros critérios adotados pelo produtor (Cereda e Lima, 1981).

Segundo Chuzel (1991) e Figueroa (1991), as condições em que se desenvolve uma fermentação natural de polvilho azedo são muito especiais pois o substrato é formado exclusivamente por grânulos de amido como fonte de carbono para os microrganismos. Além disso o meio é quase sólido, devido à decantação do amido no tanque, em razão da sua alta densidade específica (em torno de 1,500), propiciando condições anaeróbias no meio em 3 a 5 dias.

Nas regiões produtoras tradicionais de Minas Gerais, a fermentação ocorre em 20 a 40 dias, chegando a 60 dias no início da safra (Cereda, 1987).

Rivera (1996) utilizou cinco misturas de microrganismos para fermentação, partindo de polvilho doce comercial e encontrou, numa dessas misturas, em relação ao crescimento do biscoito, que com três dias de fermentação o volume atingido pelos biscoitos foi semelhante ao obtido até 20 dias de fermentação. Esse fato sugere que as mudanças das propriedades funcionais do amido, relacionadas com a taxa de crescimento do biscoito, acontecem em um período bem mais curto do que se pensava.

Numa análise comparativa da composição de doze amostras, o polvilho azedo proveniente de São Paulo e Paraná caracterizou-se pela predominância de ácido láctico (84%), seguido pelo butírico (17%) e acético (4%), enquanto que nas amostras provenientes de Minas Gerais predominaram os mesmos ácidos, em diferentes concentrações: ácido láctico (81%), ácido acético (5%) e ácido butírico (4%). A diferença de temperatura ambiente durante a safra pode explicar esta variação, uma vez que nas regiões mais frias, localizadas em Minas Gerais, as fermentações são mais lentas (40 a 60 dias), com predominância da flora láctica. De forma contrária, sob temperaturas mais amenas, as fermentações são mais rápidas, de 20 a 30 dias, o que seleciona microflora butírica (Cereda, 1987).

2.4 Constituição química e propriedades químicas e físicas do amido

As características dos amidos extraídos de raízes de mandioca são influenciadas pela variedade, clima, tipo de solo, método de extração e maturidade das mesmas, de acordo com Pacheco (1951) e Rosenthal et al. (1976), citados por Sarmiento (1989). A quantidade de amido extraído pode variar de 13% a 37%, dependendo dos fatores citados. No caso das raízes de mandioca, que desenvolvem seu ciclo vegetativo no verão, o amido acumulado

alcança maiores índices no inverno. Portanto, os meses compreendidos entre abril a setembro são os melhores para a extração de amido, que chega em 22% a 27% de amido extraível (Arias, 2000).

⇒ A presença de proteínas, de gorduras e de sais minerais define o maior ou menor grau de facilidade de extração do amido e a presença de pequenas quantidades destas substâncias no amido extraído pode comprometer sua qualidade (Arias, 2000). Teores elevados destes compostos podem influenciar o comportamento do amido. Para raízes de mandioca, que normalmente apresentam baixos teores de substâncias acompanhantes, a extração e purificação do amido não constituem grande problema, como ocorre na extração partindo de cereais e leguminosas, por exemplo (Sarmiento, 1989).

2.4.1 Constituição química

O amido é constituído principalmente por dois homopolímeros: a amilose, que é um polímero essencialmente linear, com unidades de glicopirranose unidas entre si por meio de ligações glicosídicas α -D-(1-4) e a amilopectina, um polímero altamente ramificado, com pequenas cadeias de amilose ligadas à hidroxila do C-6 por meio de ligações α -D-(1-6), conforme (Ciacco e Cruz, [1982]).

Segundo Radley (1976) a constituição química do amido de mandioca é de aproximadamente 18% de amilose e 72% de amilopectina. Mas, estes valores são muito variáveis e dependem da cultivar de mandioca de onde se extraiu o amido e também da metodologia empregada para a determinação do teor de amilose. Dessa forma, foram encontrados para o amido de mandioca teores de amilose entre 15,3% e 17,3% (Rosenthal et al., 1972), entre 13,6% e 23,3% (Olorunda, Aworth e Nunfor, 1981), de 26,9% para polvilho doce e de 25,5% para polvilho azedo (Plata Oviedo e Camargo, 1995) e até de 30% (Amante, 1986), para diversas variedades de mandioca de Minas Gerais.

Rivera (1996) evidenciou diferenças entre os teores de amilose de polvilhos doces fermentados por três misturas de microrganismos, sugerindo que a hidrólise da amilose ocorreu em fases distintas em cada processo. O conteúdo de amilose diminuiu nos primeiros doze dias de fermentação, indicando que o ataque por enzimas amilolíticas ao grânulo aconteceu neste período. Posteriormente, o grânulo sofreu rearranjos, junto com possíveis ataques à amilopectina, o que elevou novamente o teor de amilose.

O Centro de Raízes Tropicais apresentou as características físico-químicas de 44 amostras de polvilho doce de empresas de diferentes estados, fornecendo os seguintes valores médios: 12,74% de umidade, 95,89% de amido, 0,18% de proteínas, 0,24% de cinzas, 0,37% de fibras, 0,13% matéria graxa, 5,90 de pH, 0,96 de acidez e 0,30 de fator ácido (Rivera, 1996). Amostras de diversas fecularias apresentaram, para o polvilho doce, valores de proteína entre 0,06% e 0,80%, de cinzas entre 0,06% e 0,56%, de fibras entre 0,13% e 0,81% e de matéria graxa entre 0,05% e 0,35%, conforme Vilpoux e Cereda (1994).

A composição química do amido extraído de raízes de mandioca frescas apresentou na matéria seca, de acordo com Sarmento (1989), 12,90% de umidade (bu); 0,18% de cinzas, 0,12% de proteína, 0,38% de lipídios, 0,12% de fibra bruta, 92,77% de amido (18,33% de amilose total, 74,44% de amilopectina) e 1,92% de carboidratos solúveis.

2.4.2 Viscosidade do amido

Quando uma suspensão aquosa de amido é aquecida, ocorre uma série de mudanças irreversíveis dentro dos grânulos e, quando atinge uma temperatura crítica, conhecida como “temperatura de gelatinização”, onde a birrefringência começa a desaparecer. O grânulo começa a inchar, aumentando a sua viscosidade (Leach, 1965 e French, 1975). A perda de birrefringência pode ser acompanhada por meio de microscópio com luz polarizada, onde os grânulos

aquecidos na presença de água até suas áreas cristalinas serem destruídas (Ciacco e Cruz, [1982]).

Na gelatinização, o aquecimento inicial produz a quebra das pontes de hidrogênio mais fracas (nas áreas amorfas), com o consequente enfraquecimento da estrutura micelar do grânulo. Temperaturas acima da temperatura de gelatinização implicam na continuidade da quebra das pontes de hidrogênio, com contínua hidratação e inchamento dos grânulos, com consequente aumento da viscosidade. O processo continua até atingir a viscosidade máxima, em que existe um equilíbrio entre inchamento e degradação dos grânulos com predominância do primeiro. A seguir, com contínua agitação, a viscosidade decresce em decorrência da preponderância de grânulos desintegrados (Ciacco e Cruz, [1982]).

Uma forma simples de seguir o processo de gelatinização de amido é por meio do viscoamílografo Brabender (Schoch e Maywald, 1968 e French, 1975). Com este instrumento é possível obter curvas de viscosidade para uma suspensão de amido submetida a agitação e aquecida, ou resfriada, a uma taxa constante (crescente ou decrescente) de temperatura. Com base nas curvas de viscosidade, podem-se obter informações sobre a temperatura de início de formação de pasta, a resistência dos grânulos inchados à ação mecânica, a viscosidade máxima e a temperatura em que ela ocorre, assim como a influência do resfriamento sobre a viscosidade.

O amido de mandioca apresenta altos valores (em unidades amilográficas - UA) nos picos das curvas, seguidos por rápida redução na viscosidade durante o cozimento (Schoch e Maywald, 1968).

O estudo do comportamento de pasta dos amidos de mandioca fermentados e não-fermentados, utilizando-se o viscoamílografo Brabender, mostrou que o amido fermentado apresentou valores de temperatura inicial de pasta, viscosidade máxima, estabilidade a agitação mecânica e poder de

retrogradação menores que os do amido não-fermentado (Nakamura, Morais e Martucci, 1976; Nakamura e Park, 1975; Cárdenas e Buckle, 1980; Camargo et al., 1988; Asquiere, 1990 e Pereira, 1994) / Camargo et al. (1988) ressaltaram que o amido fermentado apresentou menores relações das viscosidades de pasta a frio e a quente, que as dos amidos não-fermentados.

As desigualdades entre polvilhos comerciais refletem-se principalmente nos valores de viscosidade máxima. As amostras destes produtos exibiram uma diferença de 260 unidades amilográficas, atribuída à maior fragilidade dos grânulos do polvilho azedo de menor viscosidade (Cereda, 1983). Cereda, em 1985, obteve, para doze amostras de féculas fermentadas comerciais, valores entre 460 e 1065 unidades amilográficas, (Cereda, 1985).

A viscosidade aparente da pasta formada quando o amido é aquecido em água a uma concentração definida é a propriedade mais importante para se determinar a conveniência do amido para os diversos usos industriais (Sarmento, 1989).

O amido de mandioca é considerado como de alta expansão, porque seus grânulos sofrem grande inchamento quando aquecidos em água e as forças associativas internas tornam-se frágeis à agitação mecânica. Isso faz com que seu viscoamilograma Brabender exiba um alto pico de viscosidade, seguido de uma rápida e grande queda durante o cozimento (Schoch e Maywald, 1968).

Segundo Odigboh (1977) citado por Amante (1986), pastas de amido de mandioca se comportam como um fluido plástico, têm alta viscosidade a quente, a altas temperaturas, ocorrendo decréscimo na temperatura de pico de viscosidade máxima com o aumento da concentração. Estas pastas possuem também boa resistência à quebra e ao alongamento (Rosenthal et al., 1974).

Rosenthal et al. (1973) e Pacheco (1952) relatam valores da temperatura de empastamento do amido de mandioca entre 58° a 62°C e 59,8° a 60°C, respectivamente e observaram a facilidade de cozimento, a baixas temperaturas,

apresentada por este amido. Após resfriamento, os amidos de mandioca exibem pouca elevação da viscosidade (Meuser e Solnik, 1978 e Pacheco, 1952).

Resultados de viscosidade máxima baixos, encontrados para polvilhos doce e azedo, indicam que o grânulo de amido encontra-se enfraquecido, oferecendo pouca resistência mecânica quando inchado (Rivera, 1996).

Rivera (1996) mostrou que a viscosidade máxima, a viscosidade final e a temperatura de viscosidade inicial diminuíram com o tempo de fermentação. Os amilogramas característicos de polvilho azedo se apresentam com viscosidade máxima e temperatura de empastamento inferiores às do polvilho doce nas mesmas concentrações, sem tendência à gelificação durante o resfriamento a 50°C (Ascheri e Vilela, 1995).

Segundo Rivera (1996), o polvilho doce comercial apresenta certo grau de fermentação, o que reflete nas curvas amilográficas, principalmente no valor de viscosidade máxima. Carvalho (1994) também constatou esta fermentação por meio de valores de pH e acidez.

Em relação às curvas amilográficas de amostras fermentadas com polvilho comercial, Rivera (1996) encontrou que os valores baixos de temperatura inicial de gelatinização do polvilho fermentado podem significar que o grânulo de amido sofreu modificações na sua estrutura, que o enfraqueceram, permitindo hidratação e ruptura do grânulo em temperaturas menores. A amostra-controle, que consistia em polvilho doce comercial, apresentou também temperatura de gelatinização baixa, evidenciando que algumas mudanças aconteceram em suas propriedades físico-químicas durante o processo de obtenção do produto. Ainda em seu experimento, Rivera (1996) constatou que a fermentação afeta a estrutura do grânulo de amido, que inicia o processo de hidratação em temperaturas mais baixas quando comparado ao material não-fermentado. O autor sugere que as mudanças no interior do grânulo de amido ocorrem de forma rápida.

Apesar de o tempo de fermentação provocar uma redução dos valores de viscosidade máxima em relação ao polvilho doce comercial, situação que se acentua no final do acompanhamento da curva viscoamilográfica, Rivera (1996) verificou que a retrogradação do amido, representada pela viscosidade final, foi semelhante em todas as curvas, indicando, que o conteúdo de amilose foi semelhante nas amostras fermentadas entre 0 e 30 dias.

Camargo et al. (1988) por meio da técnica de calorimetria diferencial de varredura, observaram, em amidos procedentes de Minas Gerais, que a fermentação aumentou as temperaturas, inicial e final de gelatinização e diminuiu o intervalo de temperatura de gelatinização. O amido não-fermentado apresentou temperaturas inicial, média e final de 53,7°, 62,6° 74,2°C, respectivamente e intervalo de temperatura de 20,5°C; o amido fermentado apresentou temperaturas inicial, média e final de 55,5°, 63,7°, 74,8°C, respectivamente e intervalo de temperatura de 19,3°C. O amido nativo industrial apresentou os maiores valores de temperatura inicial, média e final de gelatinização (58,7°, 68,6° e 84,1°C).

As diferentes concentrações e os limites de temperatura utilizados nestas análises dificultam a comparação dos estudos realizados. Para a fécula não-fermentada, tem-se utilizado a concentração de 6% (Pacheco, 1950; Nakamura, Morais e Martucci, 1976). No entanto, a concentração recomendada para polvilho azedo é de 8%, obtendo-se picos bem definidos, sem, contudo, ultrapassar as 1.000 unidades amilográficas (Cereda, 1983).

2.4.3 Densidade absoluta do amido

A densidade absoluta do amido de mandioca é um parâmetro importante para determinar o volume específico ou para propósitos de engenharia no dimensionamento de embalagem e equipamentos. Ela pode ser determinada por meio de picnômetro, utilizando-se um líquido inerte e não-solvente como meio

de suspensão do amido, sendo os mais usados a água e o xileno. A tendência do grânulo de amido em diminuir a sua densidade absoluta com a fermentação pode ser resultado do processo de hidrólise, provocado pela ação de enzimas amilolíticas de origem microbiana sobre a amilose e amilopectina, fazendo com que o grão de amido fique um tanto “oco”. Outra explicação para a diminuição, inicialmente mais rápida, da densidade, pode ser a hidrólise da amilopectina, que possui densidade maior na região amorfa do grânulo (Rivera, 1996). Observações do grânulo de amido por meio de microscopia eletrônica de varredura mostraram a formação de canais nos grânulos, que explicariam o decréscimo de densidade e solutos (Plata Oviedo e Camargo, 1995).

2.4.4 Difração de raio-x

Durante a formação do amido, amilose e amilopectina são depositadas em camadas no interior do grânulo. Quando as porções lineares dessas moléculas coincidem de estar paralelas uma com a outra, elas se associam, por pontes de hidrogênio, resultando em regiões cristalinas ou micelares, radialmente orientadas dentro do grânulo. As áreas entre as micelas, onde pouca ou nenhuma associação é possível, são conhecidas como regiões amorfas do grânulo e são mais frouxas e mais acessíveis à água (Medcalf e Gilles, 1968; Ciacco e Cruz, [1982]). A disposição destas regiões cristalinas e amorfas é que fornece os padrões de cristalinidade do amido.

Segundo Rosenthal et al. (1974) e Franco (1993) o amido nativo de mandioca apresenta difractograma de raio-x tipo A. Por outro lado, Camargo et al. (1988) determinaram, no amido não-fermentado, difractograma típico da mistura dos tipos A e B. Esses mesmos autores informaram que ambos os amidos, fermentado e não-fermentado, apresentaram difractogramas de raio-x similares, o que demonstrou que a cristalinidade do amido praticamente não foi modificada pela fermentação.

As alturas dos picos do difractograma, o gráfico da difração do raio-x, fornecem uma estimativa quantitativa das intensidades relativas das linhas de difração e o ângulo 2θ , do qual o espaço interplanar, espaço d , é calculado (Zobel, 1964).

O padrão de cristalinidade A é característico de amido de cereais, o padrão B de amido de tubérculos, frutas e caules e o padrão C de alguns tubérculos tropicais e sementes. A análise por difração de raio-x também é utilizada para detectar mudanças na cristalinidade do amido. Na forma cristalina, o amido é resistente à hidrólise enzimática pela alfa-amilase e pela glucoamilase, o que lhe confere importantes características nutricionais. Quando gelatinizado, a região cristalina é destruída no grânulo e esta resistência enzimática é perdida. (Barbassa et al., 1997).

2.5 Pão de queijo

O pão de queijo pode ser definido como o produto resultante do assamento de uma massa constituída basicamente de polvilho, queijo, água, gordura e sal, podendo conter outros ingredientes, como ovo e leite.

Sob a denominação de “pão de queijo” podem ser encontrados no mercado diferentes tipos de produtos com características bem distintas. Apesar de não haver uma tecnologia padronizada, o método de fabricação adotado pela grande maioria dos produtores de pão de queijo utiliza como ingredientes básicos polvilho, queijo, óleo e ovos. O processo segue um princípio básico de escaldamento do amido com água, óleo ou leite, amassamento com ovos, adição de queijo e assamento. A massa é comercializada crua e congelada, em formatos que variam para cada fabricante, diferindo na qualidade, aparência e valor comercial. O congelamento da massa de pão de queijo é uma prática usual pois, uma vez assado, o pão de queijo envelhece rapidamente devido à retrogradação do amido (Jesus, 1997).

Em 1997, de acordo com dados da Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG), existiam 85 empresas fabricantes de pão de queijo registradas na região metropolitana de Belo Horizonte e cerca de 120 produtores informais em todo o estado de Minas Gerais. Por outro lado, em 1995, já se estimava a existência de cerca de 500 pontos de venda no país, entre lojas independentes e franqueadas, além de 45 mil padarias e os milhares de produtores informais (Ribas, 1997 e Souza, 1995, citados por Jesus, 1997).

Com avanços na indústria de panificação para a fabricação de pão de queijo como o emprego de leite, ovo e queijo em pó, surgiram inúmeras formulações, contendo até mesmo purê de batata, farinha de milho e até recheios e aromas artificiais. A possibilidade de congelamento da massa, aumentando a faixa do mercado consumidor e a grande comercialização das misturas prontas, chegando a ocupar o segundo lugar entre os produtos nacionais mais pedidos pelos brasileiros que vivem no exterior (Ai ..., 2000), mostram que há uma tendência acentuada de crescimento do mercado de pão de queijo.

Na produção de pão de queijo, o polvilho azedo é preferido, pois confere ao produto as características de maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico e casca lisa e uniforme (Pereira, 1998).

A tecnologia de fabricação de pão de queijo com polvilho doce não apresenta diferenças quando se utiliza polvilho azedo, mas, ainda assim, observou-se um volume ligeiramente menor, um miolo menos esponjoso, com textura menos porosa e com menor número de células de ar. Entretanto, o pão de queijo feito com polvilho doce tem sua padronização facilitada por apresentar características físico-químicas mais estáveis (Pereira, 1998).

2.6 Obtenção do pão de queijo

Não existe um processo padronizado para a produção do pão de queijo. Entretanto, as etapas do processo envolvem escaldamento do polvilho, mistura, modelagem, congelamento, embalagem, estocagem e assamento (Pereira, Jesus e Labodsière, 1995). A ausência de padrões de qualidade contribui para uma diversidade muito grande, com produtos com características muito heterogêneas, o que pode influenciar na sua comercialização no mercado interno e dificultar o seu acesso ao mercado externo.

Todos os ingredientes a serem utilizados na fabricação do pão de queijo devem estar à temperatura ambiente e o polvilho deve ser peneirado para evitar sujidades e, principalmente, para facilitar sua hidratação.

A Figura 1 apresenta um fluxograma que mostra as etapas básicas da fabricação do pão de queijo.

O escaldamento consiste em adicionar ao polvilho água ou leite quente, que podem ou não ser acompanhados por óleo e também por sal. A mistura do escaldamento depende do produtor, sendo comum adicionar um pouco de água antes do escaldamento, a fim de hidratar o polvilho e promover o inchamento dos grânulos, facilitando o processo. Alguns produtores indicam que a mistura de água, leite, óleo e sal propicia pães de queijo com melhor textura, sabor e aparência final. O objetivo do escaldamento é tornar a massa mais fácil de ser trabalhada, resultando em pães de queijo mais macios, que assam num período de tempo menor e de mais fácil digestão. A fabricação de pães de queijo sem o escaldamento é defendida por alguns produtores, por considerarem que o mesmo demora e encarece o processo (Pizzinatto, 2000 e Pereira, 1998).

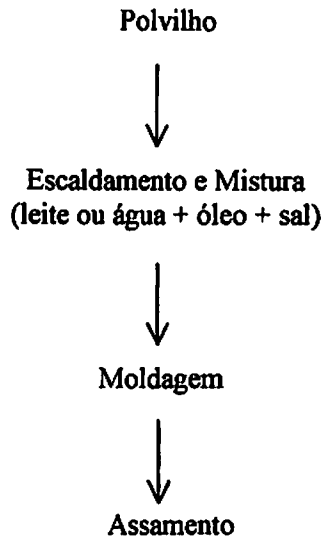


FIGURA 1 Fluxograma da fabricação do pão de queijo.

A mistura se inicia após o resfriamento do polvilho escaldado, adicionando-se o sal, se este já não foi adicionado no escaldamento, os ovos e o queijo. Se o óleo não fez parte da mistura de escaldamento ele deve ser colocado por último para evitar que impermeabilize a massa dificultando a sua hidratação. A ordem de adição destes ingredientes também é variável. Havendo ou não o escaldamento a mistura deve garantir a homogeneização completa dos ingredientes e uma absorção adequada de umidade. Neste processo ocorre incorporação de certa quantidade de ar, o que irá melhorar o volume e a textura do produto assado. Na mistura, a textura da massa se desenvolve e o ideal é que a mesma não seja nem “farinhenta” e nem “pegajosa”. O tempo de mistura deve ser o mínimo, suficiente apenas para que a massa atinja a consistência desejada (Pizzinatto, 2000; Romaniello Neto, 2000; Pereira, 1998 e Jesus, 1997).

✕ De acordo com Pereira (1998), pães de queijo submetidos ao congelamento lento, quando assados, apresentam a casca mais dura e quebradiça e, quando submetidos ao congelamento rápido, apresentam, depois de assados, uma casca mais fina e uniforme.

✕ O tempo de congelamento das massas é função do tipo de aparelho utilizado para o congelamento, da temperatura inicial, da temperatura desejada no centro da massa, da temperatura de congelamento utilizada, do peso e, principalmente, da espessura do produto. No caso de massas de pão, o congelamento é considerado lento, quando a velocidade for inferior a 1°C por minuto e rápido quando a velocidade for maior que 10°C por minuto. O resfriamento abaixo do ponto inicial de congelamento forma alguns núcleos de gelo e a velocidade de resfriamento lenta propicia a formação de poucos núcleos de gelo que podem crescer posteriormente, formando cristais maiores (Mellado, 1992).

↳ Nos pães de queijo, o congelamento mal conduzido pode afetar os lipídios como consequência de reações químicas de oxidação ou rancificação e reações enzimáticas como a oxidação hidrolítica. Pode ocorrer também a cristalização das moléculas de amido, ou como é conhecido este fenômeno, a retrogradação e sinerese, que se caracteriza pela exsudação de água durante o descongelamento. Estas modificações são influenciadas por grandes variações de temperatura de armazenamento e contribuem para a redução da vida prateleira dos pães de queijo (Pereira, 1998).

⊥ A possibilidade de comercialização do pão de queijo sob a forma congelada expandiu o mercado consumidor por todo o país e também para o exterior. Esse aumento na produção tem como consequência a necessidade de um maior e melhor conhecimento dos ingredientes utilizados em sua produção (Pizzinatto, 2000).

➤ Entre outros cuidados, Pereira (1998) cita que para a manutenção da qualidade do pão de queijo congelado, ele deve ser mantido, no mínimo, a -18°C, sem flutuações de temperatura no local do armazenamento.

O assamento ou forneamento da massa crua é a última e uma das mais importantes etapas para assegurar a qualidade do pão de queijo. Durante o assamento, o pão de queijo cresce pela incorporação de ar e pela evaporação de água (Pereira, 1998).

Para os produtos de panificação em geral, as maiores mudanças químicas devido aos efeitos do calor dentro do forno incluem: a formação e expansão dos gases; desnaturação e coagulação das proteínas dos ovos, do leite e do queijo e gelatinização do amido; desidratação parcial do produto pela evaporação da água; desenvolvimento de sabores; formação da crosta pela desidratação superficial e reações de escurecimento com mudança de cor devido à Reação de Maillard entre as proteínas do leite, queijo e ovos com açúcares redutores, bem como a outras reações químicas, além de alterações drásticas nas propriedades do amido pela formação de novas substâncias como açúcares caramelizados, pirodextrinas, e vários compostos que conferem ao produto assado propriedades sensoriais agradáveis (Smith, 1966 e Turham e Ozilgen, 1991, citados por Bernussi, 1996 e Pereira, 1998). As maiores mudanças físicas compreendem a evaporação da água, a expansão do volume e o desenvolvimento de estrutura porosa.

No cozimento, as paredes das células da massa sofrem modificações que impedem uma posterior expansão, formando, simultaneamente, uma crosta na parte exterior do pão de queijo que impede o incremento posterior de volume (Pereira, 1998).

O crescimento da massa de pão de queijo é resultante de uma série de reações. Há o efeito puramente físico da expansão dos gases, fazendo com que a massa aumente de volume. Nos primeiros instantes do cozimento há um

aumento constante de calor e, quando a temperatura chega próximo a 55°C, os grânulos de amido começam a inchar e isto pode ser verificado pela retirada de água de outros ingredientes, aumentando a proporção de amido gelatinizado. O início da gelatinização ocorre quando se atinge o período de maior quantidade de reações, havendo, simultaneamente, uma queda da pressão. Parte desta perda de pressão é devida à coalescência de pequenas células de gás em células maiores e em menor número. Próximo a 77°C, os grânulos de amido aumentam de tamanho e são fixados na estrutura protéica. O inchamento e gelatinização do amido são limitados pela disponibilidade de água (Machado, 1996 e Pereira, 1998).

2.7 Ingredientes do pão de queijo

Existe uma infinidade de formulações para pão de queijo, algumas incluindo, além do polvilho azedo ou doce, leite, água, óleo, ovo, queijo e sal, fécula de mandioca, purê de batata, gordura vegetal hidrogenada ou margarina. Cada um destes ingredientes possui uma função específica e a interação de todos eles visa a obtenção de um produto leve, poroso, com bom volume e de sabor agradável e que, acima de tudo, seja bem aceito pelo consumidor.

2.7.1 Polvilho

Quando o amido gelatiniza-se, ele compete com outros componentes pela água do sistema. A extensão de sua gelatinização é função da disponibilidade da água no meio (Hoseney, Lineback e Seib, 1983). Quando gelatinizado, o amido de mandioca forma pastas muito viscosas e instáveis (Vilela e Ferreira, 1987) e apresenta textura coesiva, pequena estabilidade ao congelamento e descongelamento, baixa resistência ao cisalhamento e sabor suave (Ciacco e Cruz, [1982]). Conforme Nakamura, Morais e Martucci (1976)

a fermentação confere ao polvilho azedo maior solubilidade e maior poder de inchamento em relação ao polvilho não-fermentado.

A principal função do amido em produtos de panificação é absorver água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto (Ghiasi, Hosenev e Varriano-Marston, 1982 e Hosenev Lineback e Seib., 1983). Segundo Pereira (1998) o polvilho azedo proporciona aos biscoitos de polvilho escaldados sabor agradável, crosta fina e crocante, maior volume e maior absorção de água, o que acarreta um maior rendimento destes biscoitos.

O pão de queijo produzido com polvilho azedo apresenta, de acordo com Pereira (1998), maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico, casca lisa e uniforme quando comparado ao pão de queijo produzido com polvilho doce.

Segundo Pereira (1998), o polvilho (azedo, doce ou ainda a mistura destes dois tipos) a ser utilizado na produção de pães de queijo deve ter umidade adequada (13 a 14%), apresentar-se em forma de pó fino e homogêneo de forma que, ao ser comprimido entre os dedos, produza uma ligeira crepitação e deve ser isento de odor estranho ou de ranço.

2.7.2 Leite

O leite de vaca possui uma composição variável com a raça, idade e alimentação do animal que o produz. O leite contém gorduras emulsionadas em uma solução aquosa de diversos componentes de baixo peso molecular, sendo esta emulsão estabilizada pela presença de proteínas na solução aquosa (Bobbio e Bobbio, 1992).

A composição do leite é de 86% a 87% de água, 3,5% a 3,6% de proteínas, 85% das quais são caseína, 3,8% a 4,1% de gordura, 5% de lactose, 0,7% de minerais, 0,03% de fosfolipídeos e 0,1% de cálcio (Swaisgood, 1985; Oliveira, 1986 e Bobbio e Bobbio, 1992).

Algumas das propriedades funcionais destas proteínas são: hidratação (solubilidade, absorção de água, viscosidade, intumescimento, congelamento), emulsificação (absorção de lipídios, formação de espuma, formação de creme batido), textura (adesão, congelamento, formação de textura) e reologia (agregação, formação de massa, extrudabilidade, congelamento), conforme Swaisgood (1985).

Os benefícios das proteínas do leite como ingrediente em outros alimentos baseiam-se em suas excelentes características nutricionais e suas habilidades em contribuir única e essencialmente nas propriedades funcionais do produto final (Swaisgood, 1985).

O leite tem sido utilizado na fabricação do pão de queijo substituindo parcial ou totalmente a água (Pereira, Jesus e Labodsière, 1995). Nas receitas tradicionais, o leite é adicionado à mistura de escaldamento do polvilho, alterando a consistência da massa e aumentando o valor nutritivo do pão de queijo (Pereira, Jesus e Labodsière, 1996). O leite ajuda o queijo na estruturação e texturização da massa (Zelaya, 2000).

Nos produtos de panificação, a gordura presente no leite confere melhor aparência ao produto final; o açúcar fornece um certo poder edulcorante; as proteínas contribuem para a maciez e umidade, enquanto os sais minerais melhoram o valor nutricional do alimento (Bennion e Bamford, 1973; Cocup e Sanderson, 1987).

De fato, Canavesi et al. (1997) e Pereira (1998) verificaram que a utilização do leite na formulação do pão de queijo fez com que o produto obtido tivesse melhor sabor e maior maciez do miolo, possivelmente por permitir maior retenção de umidade, melhor coloração da casca e aumento do valor nutricional.

De acordo com Pereira (1998), o leite a ser utilizado na fabricação do pão de queijo deve ser isento de sabores e odores estranhos, de sedimentos e material em suspensão e, de preferência, deve ser pasteurizado. Quando usado

para umedecer o polvilho, antes do escaldamento deve ser previamente pasteurizado ou fervido.

2.7.3 Água

A quantidade de água é fundamental para o inchamento do grânulo de amido e sua quantidade depende dos ingredientes da fórmula e do processo de panificação utilizados, constituindo o meio dispersante para os outros ingredientes da formulação, além de favorecer o crescimento do pão durante o assamento. A adição de quantidades crescentes de água à massa torna-a mais macia e pegajosa, enquanto que sua escassez torna-a dura e sem aderência (Bloskma, 1964 citado por Loures, 1989).

Em pães, a água desempenha um papel importante na formação da massa, influenciando em algumas propriedades físicas, como consistência, maleabilidade, pegajosidade, extensibilidade e elasticidade (El-Dash, Camargo e Diaz, 1982).

A água é utilizada na fabricação do pão de queijo para dissolver os ingredientes solúveis, influenciando também no escaldamento do polvilho. Em pães de queijo, a quantidade total de líquido da formulação afeta a consistência e a elasticidade da massa, que deve ser suficientemente macia para ser moldada, suficientemente rígida para manutenção da forma até que esteja congelada e apresentar um certo grau de elasticidade para se expandir sem romper durante o assamento (Pereira, 1998).

2.7.4 Óleos e gorduras

Do ponto de vista prático, as principais propriedades funcionais da gordura, segundo Bennion e Bamford (1973), são: agente amaciante da massa; agente formador do creme tendo a capacidade de aprisionar células de ar; agente folheador, uma vez que funciona como agente intermediário e separador das

camadas de massa já formadas; agente emulsificante, determinando a quantidade de líquidos que pode ser incorporada à massa.

A qualidade de mastigação e expansão do produto depende do tipo e quantidade de gordura a ser utilizada. A adição de gordura à massa tem efeito de reduzir a quantidade de água requerida para produzir uma massa de boa consistência e de proporcionar produtos mais macios (Wade, 1988, citado por Bernussi, 1996).

Em produtos de panificação, as gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, conferindo-lhes maciez. O aumento nos conteúdos de gordura, além do efeito amaciador, contribui para dar maior brilho e uma melhor aparência (Aguiar, 1995; El-Dash, Camargo e Diaz, 1982), como também atua no valor nutricional, sendo a mais concentrada fonte de energia presente nos alimentos (Segall, 1994; Aguiar, 1995).

Aguiar (1995) verificou que, em pizzas, a utilização de óleos e gorduras em quantidades excessivas forneceu uma massa extremamente extensível e El-Dash, Camargos e Diaz (1982) verificaram que, em pães, o excesso de óleo produziu uma granulidade do miolo mais grosseira, com parede de célula muito fina. D'Appolonia e MacArthur (1974) observaram que pão com reduzida quantidade de gordura tem volume pequeno, crosta escura e miolo denso de cor acinzentada.

De acordo com Canavesi et al. (1997), no pão de queijo a gordura atua como um lubrificante molecular, ajudando a massa a ter maior extensibilidade, contribuindo para maior elasticidade e melhor textura do miolo. Além disso, melhora o aspecto da crosta, sendo que a adição de gordura vegetal produz massa menos oleosa e o produto obtido apresenta maior elasticidade e melhor aspecto quando comparado à adição de óleo de soja.

A capacidade de óleos e gorduras de aumentar o volume, tornar os pães de queijo mais macios e aveludados, com estrutura celular mais uniforme é

progressiva quando se adiciona até cerca de 25% a 30% em relação ao peso do polvilho. Adições maiores podem tornar a granulação mais grosseira, fazendo com que o produto apresente aspecto muito gorduroso, com intensa exsudação, de gordura, além de acentuado sabor de óleo (Pereira, 1998).

Na fabricação do pão de queijo, é utilizado óleo de soja comum, podendo também utilizar-se margarina, gordura desidrogenada e manteiga.

Deve ser ressaltado que os óleos e gorduras a serem utilizados na fabricação do pão de queijo deverão apresentar aspecto, sabor, cheiro e cor característicos. Deverão ainda ser isentos de ranço e de outras características indesejáveis, como turbidez e substâncias em suspensão ou precipitadas (Pereira, 1998).

Quanto à utilização de margarina, deve-se empregar uma proporção maior do produto do que se utilizaria normalmente para óleos e gorduras, devido à presença de água na composição da mesma, tomando-se, ainda, o cuidado de mantê-la sob refrigeração em temperaturas na faixa de 15°C (Pereira, 1998).

2.7.5 Ovo

As propriedades funcionais das proteínas da clara do ovo são principalmente de natureza físico-química, as quais contribuem com as características desejáveis de um alimento, como o seu comportamento físico durante a preparação, transformação e armazenamento (Alleoni, 1997).

Li-Chan e Nakai (1989) citados por Alleoni (1997) observaram que muitas das propriedades funcionais das proteínas da clara do ovo dependem da exposição de grupos hidrofóbicos na superfície da molécula e as interações desses grupos com o óleo (emulsão), ar (espuma) ou outras moléculas protéicas (géis ou coágulos).

A gema do ovo é um sistema complexo que apresenta em torno de 50% de água, sendo a matéria sólida constituída, principalmente, por lipídios e proteínas, numa proporção de 2:1 (Telis, 1996).

O ovo de galinha tem uma composição média de 73,5% a 75,0% de água, 12,5% a 13,4% de proteína, 10,02% a 11,8% de lipídios, 0,3% a 1,22% de carboidratos e 0,49% a 1,0% de cinzas (Powrie e Nakai, 1985; Williams, 1997 e Posati e Orr, 1976 citados por Alleoni, 1997). A clara do ovo possui de 9,7% a 12,0% de proteínas e pode ser considerada como um sistema constituído de numerosas proteínas globulares numa solução aquosa. As principais proteínas da clara do ovo são: ovalbumina (54,0%), conalbumina (12,0%), ovomucóide (11,0%), ovomucina (3,5%), lisozima (3,4%), globulina G2 (4,0%), globulina G3 (4,0%) e avidina (0,05%), de acordo com Powrie e Nakai (1985).

Experimentos adicionais utilizando eletroforese e microscopia eletrônica levaram à conclusão de que, durante o armazenamento da gema em temperaturas inferiores a -6°C , os grânulos se rompem (presumivelmente pelo aumento da concentração de íons causado pela formação de gelo) e liberam micelas de lipoproteína de baixa densidade (LBD). As micelas de LBD formariam agregados com excelente capacidade de ligação com a água, provocando a geleificação (Chang et al., 1977, citados por Alleoni, 1997).

Segundo Powrie e Nakai (1985) a gema do ovo é um importante ingrediente emulsificante na manufatura de maionese, molhos para salada e bolos. Os componentes emulsificantes da gema são fosfolipídeos, lipoproteínas e proteínas. Os fosfolipídeos são ineficientes na estabilização de emulsões. Partículas da gema, como as lipoproteínas de baixa densidade, como a mielina e lipoproteínas de alta densidade, são importantes estabilizadores de emulsões, devido às suas habilidades para interagir na superfície de glóbulos de gordura para formar camadas protetoras.

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo também como agente corante e de “flavor”, originando pães de queijo com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (Leme, 2000 e Zelaya, 2000). O correto desempenho destas funções determina o valor do ovo como ingrediente ou não em alimentos (Forsythe, 1963). A gema do ovo contém 30% de gordura, contribuindo, portanto, para o enriquecimento do produto final (Aguiar, 1995).

Muitos fabricantes de pão de queijo ainda utilizam ovos frescos, mas a tendência nas indústrias é utiliza-lo na forma pasteurizada resfriada, congelada ou desidratada, pois a qualidade do pão de queijo é influenciada pela qualidade do ovo e não pela forma como ele é adicionado à formulação. Esta tendência de substituição do ovo “in natura” ocorre para melhorar os aspectos práticos, econômicos e de segurança microbiológica da produção (Leme, 2000).

Além de contribuir para melhor sabor, odor, cor e textura do produto, o ovo aumenta seu valor nutritivo, melhora o aspecto da crosta e contribui para maior expansão depois de assado (Canavesi et al., 1997 e Pereira, 1998).

Os ovos utilizados na indústria do pão de queijo devem apresentar-se sem alterações na gema e na clara, não apresentar mumificação, podridão, presença de fungos e não devem apresentar rompimento da casca e da membrana externa propiciando o contato do material interno com a embalagem. Devem também ser isentos de substâncias tóxicas e, finalmente, apresentar coloração, odor e sabor normais, sem a presença de sabor azedo ou de ranço. Os ovos, ainda, devem ser armazenados, de preferência, sob refrigeração, sempre com o diâmetro menor para baixo e não devem ser lavados para evitar remoção da película protetora, tornando a casca porosa e exposta a riscos de contaminação (Pereira, 1998).

2.7.6 Queijo

O queijo é um concentrado protéico-gorduroso resultante da coagulação do leite, seguida da dessoragem do coágulo que causa o decréscimo na umidade. Quanto a sua composição, a proteína e a gordura podem variar, dependendo do tipo de queijo. O teor de umidade também varia e está correlacionado com o tempo de conservação do queijo resultante, sendo que os mais desidratados são mais duros e de maior conservação, mesmo em condições adversas (Oliveira, 1986).

O componente do leite que determina o rendimento e caracteriza basicamente o queijo é a caseína, embora a gordura represente, na maioria dos queijos, porcentagens iguais ou superiores às da proteína. Os queijos fabricados por meio da coagulação enzimática ou por coalho retêm mais da metade do cálcio e do fósforo existentes no leite, contendo 5 a 6 vezes mais cálcio e fósforo que o encontrado no leite (Oliveira, 1986).

Alguns tipos de queijo apresentam a tendência de aumentar a separação da fase gordurosa com o aumento do tempo de estocagem de -6° a -8°C . Foi observado por Chaves e Viotto e Grosso (1999) que o congelamento de amostras de queijo mussarela afetou a separação do óleo livre, provavelmente devido a desnaturação de alguma proteína ou ao crescimento de cristais de gelo. Poderia também ter ocorrido a ruptura da membrana lipoprotéica dos glóbulos de gordura, os quais poderiam favorecer a coalescência da gordura na formação de aglomerados maiores.

O queijo parmesão ralado constitui-se, em média, de 41,6% de proteína, 3,74% de carboidrato, 30% de gordura, 3,41% de minerais (1,376% de cálcio e 0,807% de fósforo), conforme Williams (1997).


Na fabricação do pão de queijo podem ser utilizados diversos tipos de queijo, sendo mais comumente utilizados os tipos mussarela, parmesão, minas curado e minas padrão (Jesus, 1997). Na formulação do pão de queijo, o queijo

contribui para o aroma e sabor típicos do produto, além de, provavelmente, influenciar na textura do miolo e aparência final (Pereira, Jesus e Labodsière, 1995). O queijo minas curado, de sabor relativamente forte e consistência bastante dura, podendo ser ralado, é o preferido pelos pequenos produtores de Minas Gerais, seguido pelo parmesão, o qual é considerado um queijo mais forte com contribuição marcante para o sabor do produto (Oliveira, 1986 e Pereira, Jesus e Labodsière, 1996). Esta variedade constitui um grande fator de variação nas características do pão de queijo pois, mesmo utilizando-se de um mesmo tipo de queijo, sabe-se que não existe no país um padrão de identidade característico para este produto (Pereira, 1998).

O queijo complementa a estruturação do miolo do pão de queijo e auxilia na obtenção de melhor textura do produto final (Zelaya, 2000), pois contribui para a elasticidade e melhor aspecto da casca, além de conferir uma maior maciez e uniformidade às células do miolo (Jesus, 1997).

A proporção e o tipo de queijo empregado influenciam o sabor, a aparência (cor e volume) e a textura do miolo do pão de queijo, sendo que, de forma geral, uma adição superior a 35% em relação ao polvilho origina pães com miolos muito “pesados” e inferiores a 5% características similares às de biscoito de polvilho. Pães com muito queijo propiciam casca com muitas pintas, também chamadas, pontos de queijo (Pereira, 1998).

Independente do tipo de queijo presente na formulação do pão de queijo, alguns cuidados devem ser tomados, como a rejeição de produtos que apresentem parasitos, detritos, sujidades na massa e ou na casca, contaminação por microrganismos patogênicos e substâncias não permitidas ou nocivas à saúde (Pereira, 1998).



2.7.7 Sal

Estudos amilográficos mostram que o sal retarda a gelatinização do amido, mantendo o grânulo intacto por um tempo mais longo durante o assamento. O sal também aumenta a temperatura da mistura e influencia o processo de escaldamento (D'Appolonia, 1972 e Pereira, 1998).

O sal contribui para o sabor, sendo utilizado o cloreto de sódio comum iodado na fabricação do pão de queijo em proporção de 1% a 2,5% em relação ao peso do polvilho (Jesus, 1997 e Pereira, 1998).

2.8 Características sensoriais do pão de queijo

Na análise sensorial de pão de queijo devem ser considerados vários atributos. Entre os principais, estão os aspectos relacionados com o sabor e a aparência externa e interna, como a textura e a cor da casca e do miolo; presença de pequenas porções de queijo, as quais apresentam uma coloração mais escura e que são chamadas de pontos de queijo; uniformidade da casca, quando esta não apresenta rugosidades; aroma e sabor de queijo; ranhuras, rachaduras ou quebras na casca; casca esfarinhenta; granulidade do miolo ou células do miolo, que se referem às bolhas de ar que formam o miolo do pão de queijo, entre outros.

Machado et al. (1997), avaliando os efeitos dos ingredientes nas propriedades sensoriais do pão de queijo, encontraram que a substituição da água por leite aumentou a intensidade da cor, pontos de queijo, uniformidade, aroma e sabor de queijo. A adição de ovos aumentou a intensidade dos atributos pontos de queijo, ranhuras, esfarelamento e espessura da crosta. A adição de queijo aumentou a cor, pontos de queijo, uniformidade, aroma e sabor de óleo. A substituição de óleo vegetal por margarina não alterou cor, ranhuras, quebra, esfarelamento, espessura da crosta, aroma de queijo, aroma de óleo, aroma de margarina, sabor de queijo, sabor de óleo, sabor característico, dureza, esfarelamento e granulidade. A adição apenas de polvilho doce, sem o

polvilho azedo, reduziu a quebra e aumentou a uniformidade do pão de queijo, não ocorrendo diferença significativa nos demais atributos. A formulação composta por polvilho doce e polvilho azedo, queijo, margarina, óleo, leite e sal apresentou maior intensidade de pontos de queijo, uniformidade, aroma e sabor de queijo, aroma de margarina e sabor característico.

No trabalho realizado por Jesus (1997), verificou-se que o consumidor prefere um produto que se apresente com aroma intenso de pão de queijo, sabor moderado de queijo, casca macia, fina, de coloração intermediária e com o miolo esponjoso.

Quanto à influência do processamento na avaliação sensorial do pão de queijo, Jesus (1997) encontrou que o escaldamento realizado com leite+óleo resultou em melhor textura e aparência final; o congelamento da massa com nitrogênio líquido ou com gelo seco propiciou casca lisa, macia e miolo com células bem formadas; no congelamento lento, em câmara de ar frio sem movimento, obtiveram-se pães de queijo com a casca heterogênea e mais grossa, com grande número de rachaduras e miolo mais seco; temperaturas de assamento mantidas constantes proporcionaram pães de queijo de boa qualidade, com casca uniforme, miolo macio e características sensoriais homogêneas.

Quanto aos ingredientes, foi verificado por Jesus (1997) que o tipo de polvilho influenciou no volume e na textura do miolo sem, contudo, haver uma indicação do polvilho mais adequado. Uma proporção de queijo de 20% a 30% em relação ao polvilho conferiu boas características quanto à aparência, cor, sabor e crocância da casca. O queijo minas curado tipo canastra se destacou em relação ao mussarela, parmesão e minas padrão, quanto à textura e sabor do pão de queijo. A melhor aceitação dos pães de queijo foi conseguida com a utilização de 20% de óleo, em relação ao polvilho.

Análises sensoriais realizadas com pães de queijo com grandes variações de formulações demonstram ainda grande aceitabilidade por parte dos

provadores (Romaniello Neto, 2000; Machado et al., 1997; Jesus, 1997), o que reforça o consenso de que é um produto muito bem aceito pela população.

Falar de ~~gordura~~
gordura, /valor energético /obesidade
produtos light (redução)
quijé nicoté

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Grãos e Cereais, de Análises de Produtos Vegetais, de Análise Sensorial e de Microestrutura e Arquitetura Alimentar do Departamento de Ciência dos Alimentos e no Laboratório de Mineralogia e Química do Solo do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Minas Gerais.

3.1 Material

3.1.1 Obtenção das matérias-primas

Polvilho – todo o polvilho azedo (PA) e o polvilho doce (PD) foram cedidos pela Indústria de Polvilhos TUP-GUAR, de Conceição dos Ouros, Minas Gerais.

Previamente foram realizados ensaios com pães de queijo fabricados com misturas de diferentes proporções de polvilho azedo e de polvilho doce. Os pães de queijo mais aceitos por um painel sensorial foram aqueles provenientes das misturas denominadas PS (polvilho setenta) e PC (polvilho cinquenta), constituídas com as seguintes proporções de PA e PD:

$$PS = 70\% PA + 30\% PD$$

$$PC = 50\% PA + 50\% PD$$

Cada um dos polvilhos PA, PD, PS e PC foi homogeneizado em um misturador tipo cone com capacidade para 50 kg, por 10 minutos. As amostras de cada tipo de polvilho foram embaladas em sacos plásticos de polietileno com aproximadamente 1,5 kg e armazenadas sob refrigeração até sua utilização, quando eram expostas à temperatura ambiente.

Leite - o leite adquirido foi do tipo integral em embalagem longa vida de uma única marca.

Óleo - foi utilizado o óleo de soja comercial. As embalagens depois de abertas eram colocadas na geladeira e antes do uso eram deixadas à temperatura ambiente.

Sal - também adquirido do comércio local e de uma mesma marca durante todo o experimento.

Água - água potável.

Ovo - foram usados ovos brancos frescos adquiridos do comércio, provenientes sempre de uma mesma granja.

Queijo - foram adquiridos 30 kg queijo tipo parmesão com 60 dias de maturação. Os queijos foram cortados em pedaços, ralados em ralador elétrico, colocados em sacos plásticos (600 g) e acondicionados em freezer (-18°C). À medida que o queijo era utilizado, cada embalagem era colocada à temperatura ambiente e, depois de utilizada, armazenada em geladeira.

Formulações - foram utilizados quatro tipos de formulações para todos os tipos de polvilho: polvilho azedo (PA), polvilho doce (PD), polvilho 70%PA+30%PD (PS) e polvilho 50%PA+50%PD (PC).

A relação dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1 Composição das formulações utilizadas para produção de pão de queijo

Formulações	Polvilho	Leite	Água	Óleo	Sal	Ovo	Queijo
FC - Completa	X	X		X	X	X	X
SL - Sem Leite	X		X	X	X	X	X
SO - Sem ovo	X	X		X	X		X
SQ - Sem queijo	X	X		X	X	X	

A Tabela 2 mostra a porcentagem dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo em relação ao polvilho e em relação ao total de ingredientes.

TABELA 2 Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes

Ingredientes	Quantidades	% em relação ao polvilho	% em relação a todos ingredientes
Polvilho	250,00 g	100,00	45,23
Leite ou água	135,65 g	54,26	24,54
Óleo	41,10 g	16,44	7,44
Sal	5,50 g	2,20	1,00
Ovo	58,00 g	23,20	10,49
Queijo	62,50 g	25,00	11,31

3.1.2 Obtenção das amostras

Os quatro tipos de polvilho: polvilho azedo (PA), polvilho doce (PD), polvilho 70%PA + 30%PD (PS) e polvilho 50%PA + 50%PD (PC) foram utilizados na obtenção dos tipos de polvilho.

3.1.2.1 Massa de pão de queijo

A formulação escolhida para servir de base em todo o experimento foi a indicada pelo fabricante do polvilho: 2 copos (americanos) de polvilho, 1/3 de copo (americano) de óleo, 1 copo (americano) de leite, 1 ovo, 1 prato raso de queijo ralado (minas meia-cura) e sal a gosto. A quantidade dos ingredientes foi transformada em gramas para facilitar a mensuração dos mesmos. A obtenção da massa foi feita no farinógrafo Brabender, modelo nº 810101, com misturador com capacidade para 300 g, com pás misturadoras reguladas para velocidade de rotação de 31,5 rpm. Este aparelho foi preferido devido à constância de sua velocidade de rotação e de força de mistura. Além disso, o aparelho permite um acompanhamento da evolução da consistência da massa durante a mistura, facilitando o controle.

O desenvolvimento da massa no farinógrafo foi realizado da seguinte maneira:

- 250 g de polvilho foram colocados no misturador do farinógrafo;
- depois de iniciada a mistura, foi feito o esaldamento com uma mistura fervente de leite + óleo + sal, no caso das formulações tipo formulação completa (FC), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ). Para formulações sem leite (SL), fez-se o esaldamento com água + óleo + sal;
- após cinco minutos, foi adicionado o ovo, cuja clara e gema foram previamente misturadas, imediatamente antes de sua adição, para as formulações completa (FC), sem leite (SL) e sem queijo (SQ);

- após três minutos, o aparelho foi desligado e adicionado o queijo às formulações completa (FC), sem leite (SL) e sem ovo (SO); novamente o aparelho foi ligado, até que não variasse a consistência, aproximadamente três minutos, quando foi desligado e a massa foi retirada.

A massa foi dividida em duas partes com pesos semelhantes, sendo uma utilizada como massa não-congelada e a outra foi acondicionada em sacos de polietileno e armazenado em freezer (-18°C) por aproximadamente 90 dias, quando se iniciaram as análises na massa congelada.

3.1.2.2 Pão de queijo obtido de massa não-congelada

Após a retirada da massa do farinógrafo, a massa não-congelada foi moldada com o auxílio de um tubo de PVC, com três centímetros de diâmetro e três centímetros de altura. O acabamento da moldagem foi feito manualmente, para que os pães adquirissem um formato redondo. As massas foram assadas em forno elétrico a 180°C. O tempo de assamento foi variável de acordo com a formulação estando entre 20 e 25 minutos. Um estudo prévio do tempo e da temperatura de forneamento foi realizado, tendo por base, principalmente, a coloração externa e a textura do miolo, até que se chegou aos parâmetros utilizados.

3.1.2.3 Pão de queijo obtido de massa congelada

As massas moldadas como descrito em 3.1.2.2 foram deixadas em uma bandeja coberta com filme plástico dentro do freezer por algumas horas e, depois de congelados, foram acondicionados em sacos de polietileno. Após três meses, foram assadas diretamente, sem descongelamento, nas mesmas condições que os pães de massa não-congelada.

3.1.2.4 Preparo das amostras de pão de queijo para análise

As análises químicas e físicas foram realizadas com farinhas obtidas de doze pães de queijo. Cada batelada de massa fabricada e assada resultou em uma repetição. Após o assamento, os pães foram partidos em vários pedaços, colocados em estufa a 65°C e mantidos nesta condição por 24 horas. Após esta pré-secagem, os pedaços foram deixados à temperatura ambiente e, a seguir, triturados em liquidificador. As farinhas resultantes foram acondicionadas em potes plásticos e mantidas à temperatura ambiente.

Para a determinação de umidade do miolo, foi retirada toda a casca do pão de queijo e o miolo foi considerado como amostra. Cada pão de queijo constituiu uma amostra.

3.2 Análises

3.2.1 Umidade

A umidade foi determinada por meio de secagem em estufa a 105°C/24 horas, com circulação de ar, conforme método da Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (1990).

3.2.2 pH

A metodologia descrita por Plata Oviedo (1998) foi utilizada para determinação do pH. Foram pesados dez gramas de amostras em um béquer e misturados com um bastão de vidro em 100 mL de água destilada. Após agitação em um agitador magnético por dez minutos, o agitador foi desligado e o pH determinado imediatamente. O pH da massa não-congelada e da farinha do pão de queijo foi determinado logo após o processamento.

3.2.3 Acidez titulável

A análise foi feita no mesmo material usado para determinação do pH, conforme descrito por Plata Oviedo (1998). Após determinação do pH, a mistura foi novamente agitada, enquanto NaOH 0,1N era adicionado até que o pH atingisse 8,3 (pH onde ocorre a viragem de cor de fenolftaleína). O resultado foi expresso como miliequivalente da base por cem gramas da amostra em base seca:

$$\text{acidez titulável} = \{(\text{N NaOH} \times \text{vol. (L)} \times 1000) \times \text{fator de correção} \times 100\} / \text{g(bs)}$$

3.2.4 Propriedades viscoamilográficas

As propriedades viscoamilográficas foram determinadas conforme descrito por Mazurs, Schoch e Kite (1957), em viscoamilografo Brabender, com velocidade de rotação de 75 rpm e cartucho com sensibilidade de 700 cmgf. Depois de determinada a umidade dos polvilhos, as amostras foram pesadas com base em 14% de umidade e misturadas em 450 mL de água destilada, de forma a se ter suspensões com concentração de 8% p/v. A temperatura inicial foi de 25°C. O aquecimento foi até 95°C, permanecendo por 20 minutos e o resfriamento foi por 30 minutos quando a temperatura caiu até 50°C. Quando a viscosidade se aproximou de 1000 UB foram utilizados pesos. A partir dos viscoamilogramas obtidos foram determinados os seguintes parâmetros:

- temperatura inicial de pasta: temperatura (°C) na qual a viscosidade de pasta aumentou de 0 a 20 Unidades Brabender (UB).
- viscosidade inicial a 95°C: valor da viscosidade de pasta, em UB, quando se atingiu a temperatura de 95°C.
- viscosidade final a 95°C: valor da viscosidade de pasta, em UB, após 20 minutos à temperatura de 95°C.
- viscosidade máxima: valor máximo da viscosidade de pasta, em UB, durante a etapa de aquecimento.

- temperatura de viscosidade máxima: temperatura (°C) em que ocorreu a viscosidade máxima.
- viscosidade mínima: valor mínimo da viscosidade de pasta, em UB, após se ter atingido a viscosidade máxima.
- viscosidade final: valor da viscosidade, em UB, no final do ciclo de resfriamento, quando a temperatura atingiu 50°C.

3.2.5 Densidade absoluta

A densidade absoluta foi determinada de acordo com o método proposto por Schoch e Leach (1964).

3.2.6 Difractometria de raio-x

Os difractogramas foram obtidos em aparelho Carl Zeiss, com radiação de cobalto linha $K\alpha$, $L = 1,542 \text{ \AA}$ (monocromador de LiF), em condições de trabalho de 40 Kv, 30 mA e “step” de $0,1^\circ$ a cada cinco segundos. O ângulo de varredura foi de $2\theta = 38^\circ$ a 4° , mas, para a confecção dos gráficos foi considerada uma varredura de 38° a 6° . A estrutura física dos grânulos foi estudada pela sobreposição dos difractogramas. A análise foi realizada no Laboratório de Mineralogia e Química do Solo, da UFLA.

3.2.7 Cinzas

Para determinação das cinzas, seguiu-se o método da AOAC (1990), com carbonização das amostras em fogão doméstico e posterior calcinação em mufla a 550°C por 4 a 6 horas.

3.2.8 Extrato etéreo

O extrato etéreo foi determinado pelo método descrito pela AOAC (1990).

3.2.9 Proteína

Para a determinação da proteína foi utilizado o extrato obtido da amostra triturada em solução de citrato de sódio, conforme metodologia descrita em Silva et al. (1997). O método utilizado para determinação do nitrogênio total foi o de micro-Kjeldahl, conforme AOAC (1990). A proteína bruta foi calculada utilizando-se o fator 6,25.

3.2.10 Consistência das massas

A consistência das massas das dezesseis formulações em estudo foi determinada pelo do farinógrafo Brabender, modelo 810101, com caixa misturadora com capacidade para 300 g e pás misturadoras reguladas para uma velocidade de 31,5 rpm. Cada formulação foi desenvolvida em triplicata no aparelho, desde o escaldamento até a colocação do ovo e do queijo, conforme cada formulação. A evolução da consistência da massa foi determinada por meio dos gráficos gerados pelo aparelho. A massa foi desenvolvida de acordo com a descrição apresentada em 3.1.2.1.

3.2.11 Rendimento e perda das massas

Dependendo da formulação da massa, esta apresenta uma maior ou menor pegajosidade, podendo ficar mais ou menos retida no equipamento e utensílios utilizados na sua fabricação. Visando à quantificação da massa que é efetivamente aproveitada e da que se perde, o rendimento das massas foi calculado com base no peso total dos ingredientes da mesma:

$$\text{rendimento} = \frac{\text{peso da massa (g)}}{\text{peso dos ingredientes (g)}} \times 100$$

A perda de massas foi calculada pela diferença em relação ao rendimento: perda = peso dos ingredientes – peso da massa

3.2.12 Caracterização dos pães de queijo

O diâmetro e a altura da massa não-congelada moldada foram determinados por meio de um paquímetro e seu peso determinado em balança semi-analítica. Essas mesmas medidas também foram feitas em pães, após o forneamento. Nas massas congeladas, mantidas em freezer por três meses, essas medidas foram determinadas após a retirada do freezer.

Com esses dados o volume, a densidade, o volume específico e o índice de expansão foram calculados conforme as equações apresentadas a seguir:

- volume = $4/3 \times \pi \times r^3$ (onde r = raio)

- densidade = peso (g)/volume

- volume específico = volume/peso (g)

- índice de expansão =

$$\frac{(\text{diâmetro do pão de queijo} + \text{altura do pão de queijo})/2}{(\text{diâmetro da massa moldada} + \text{altura da massa moldada})/2}$$

Os pães assados obtidos tanto da massa não-congelada quanto da massa congelada foram acondicionados em sacos plásticos em freezer e, depois de alguns dias, foram retirados e cortados longitudinalmente ainda congelados, para que se pudesse fazer a contagem das células do miolo, bem como a medição do diâmetro dessas células, da espessura da casca, do diâmetro interno do pão de queijo e, quando houve a ocorrência, do espaço entre o miolo e a casca. Cada formulação foi analisada com três repetições e em triplicata.

Quanto às células do miolo, elas foram consideradas como circulares e o cálculo de suas áreas foi feito utilizando-se a fórmula: $\pi \times r^2$ (em que r = raio). As medidas dos diâmetros das células do miolo foram divididas em intervalos e a área ocupada por cada intervalo foi relacionada à área total da superfície circular do pão de queijo (cortado longitudinalmente):

$$\text{área ocupada pelas células do miolo} = \frac{\text{área de células no intervalo (cm}^2\text{)} \times 100}{\text{área do pão de queijo (cm}^2\text{)}}$$

3.2.13 Análise de resistência à compressão

Para verificação da resistência à compressão dos pães de queijo assados foi utilizado o analisador de textura Stable Micro Systems, modelo TA.XT2, do Laboratório de Microestrutura e Arquitetura de Alimentos, do Departamento de Ciência de Alimentos da UFLA. Foi utilizado como sonda o pistão da célula Ottawa, que consiste de uma placa plana que exerce uma força de compressão sobre a amostra. A máxima força registrada por este modelo de aparelho é de 5kg e, nos testes preliminares, foi verificado que todas as amostras que utilizavam formulação sem ovo (SO) necessitavam de uma força superior a estes 5 kg. Por isso nenhum pão de queijo com esta formulação pôde ser analisado.

Os pães de queijo depois de assados e resfriados à temperatura de 20°C (temperatura de trabalho do equipamento) foram colocados sob o êmbolo, sendo a velocidade de pré-teste de 2,0 mm/s, velocidade do teste de 2,0 mm/s, velocidade pós-teste de 10 mm/s e distância de compressão de 10,0 mm.

Cada formulação foi analisada com três repetições, sendo cada repetição analisada em triplicata.

3.2.14 Análise sensorial

Os pães de queijo foram avaliados por onze provadores treinados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. O método utilizado foi o de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), seguindo-se os procedimentos descritos em Magalhães (1996).

Numa primeira fase foram convidadas trinta pessoas com idade entre 18 e 45 anos, do sexo feminino e masculino, sendo elas estudantes de graduação e de pós-graduação e funcionárias da UFLA. Após um esclarecimento dos objetivos do trabalho, das características do método e dos horários em que seriam realizados os testes, 21 pessoas se mostraram disponíveis.

Na segunda fase houve um teste para avaliação dos julgadores, no qual os mesmos deveriam dispor, em ordem decrescente, quatro soluções de água contendo sal em concentrações diferentes. A prova foi realizada em três repetições, em períodos diferentes do dia. Nesta etapa, sete julgadores não conseguiram um desempenho mínimo satisfatório. Devido à incompatibilidade de horários de realização das provas, outros julgadores não puderam compor o painel sensorial que se apresentou, ao final com onze pessoas.

Na terceira fase foram explicados com mais detalhes os objetivos da análise sensorial e as particularidades do método e teve início o treinamento propriamente dito. Em dez sessões, os provadores analisaram quinze formulações diferentes de pão de queijo comerciais e algumas formulações que faziam parte do trabalho. Procurou-se oferecer aos provadores um maior número de variações possíveis para que se chegasse a um número de atributos mais abrangente e para que se pudesse verificar as amplitudes de qualidade dos atributos do pão de queijo. Entre as formulações oferecidas estavam Forno de Minas (congelado), Vilma (pré-mistura, misturada em batedeira planetária), Vilma (pré-mistura, misturada em farinógrafo), Pão de Queijo do Rei, pão de queijo com formulação completa feito com polvilho azedo AMAFIL e mais onze amostras, sorteadas ao acaso, que faziam parte do experimento.

Esta terceira fase ainda compreendeu a definição de cada atributo, a variação de sua intensidade e a ordem em que eles eram percebidos. Todas as dúvidas em relação a estes atributos foram tiradas. Até este estágio as discussões foram abertas. Os atributos considerados foram os seguintes:

- 1 – aparência externa: a aparência externa geral do pão de queijo foi considerada de boa a ruim;
- 2 – cor da casca: a cor foi considerada de clara a escura;
- 3 – formato: considerado de redondo a achatado, podendo assumir um formato alongado, intermediário;

4 – uniformidade da casca: a casca lisa, uniforme foi considerada regular e a casca rugosa, áspera, desuniforme foi considerada irregular;

5 – rachadura: foi considerada a ausência ou presença de rachaduras no casca do pão de queijo;

6 – pontos de queijo: presença visível de pedaços de queijo na casca do pão de queijo;

7 – maciez: o pão de queijo foi considerado de macio a duro, ao ser comprimido com a mão;

8 – elasticidade do miolo: o miolo foi considerado de pouco a muito elástico quando esticado com as mãos;

9 – cor do miolo: considerada de claro a escuro;

10 – espessura da casca: de fina a grossa;

11 – estrutura do miolo: as células do miolo, quando muito abertas, resultaram em um miolo considerado oco e, quando muito fechadas, resultarem em um miolo compacto; um miolo esponjoso foi aquele que se apresentou com células de tamanho intermediário;

12 – aderência do miolo à casca: ao ser separado da casca, o miolo poderia se desprender com maior ou menor facilidade, sendo a aderência considerada, portanto, de pouca a muita;

13 – umidade do miolo: foi observado se o miolo se apresentou mais úmido ou mais seco;

14 – crocância: ao ser mastigado, o pão de queijo foi considerado de pouco a muito crocante, ou seja, se ele se apresentou mais murcho ou mais seco;

15 – sabor de polvilho: foi considerado de fraco a forte, qualquer sabor que lembrasse polvilho doce ou polvilho azedo, mandioca crua, farinha de mandioca ou qualquer outro produto derivado da mandioca;

16 – sabor de queijo: considerado de fraco a forte;

17 – sabor de ovo: de fraco a forte;

18 – sabor de óleo: foi considerado o sabor de óleo, de manteiga e de margarina na intensidade de fraca a forte;

19 – gosto de sal: foi considerado na intensidade de fraca a forte;

20 – sabor residual: foi considerado qualquer sabor que permaneceu na boca do provador após a amostra ter sido consumida ou eliminada e na intensidade de fraca a forte;

21 – sabor/aroma: o conjunto sabor e aroma foi considerado de típico a atípico, atendendo aos padrões que o provador já possuía a respeito de um pão de queijo típico.

Na quarta fase, já definida a ficha de atributos, bem como as intensidades máxima e mínima de cada um deles, os provadores, em cabines individuais, ainda participaram de três sessões de treinamento nas quais avaliaram seis amostras do experimento. Na ficha, o provador, após analisar cada amostra de pão de queijo, marcava com um traço vertical em uma escala de 15 cm não estruturada, tendo as intensidades máximas e mínimas dos atributos como pontos-âncora localizados a 1 cm de cada extremidade. Alguns atributos considerados com intensidade maior ou menor do que as referências máximas e mínimas foram marcados além dos pontos-âncora. Como foram tiradas todas as dúvidas quanto ao preenchimento das fichas, os provadores passaram para a fase seguinte que foi a análise sensorial definitiva dos tratamentos do experimento.

A massa obtida no farinógrafo foi dividida em duas partes: metade da massa foi moldada e assada, os pães de queijo foram resfriados à temperatura ambiente e levados aos provadores; a outra parte foi moldada e armazenada em freezer para posterior análise sensorial.

As amostras de pão de queijo da massa não-congelada foram servidas aos provadores de forma aleatória, tendo sido feito previamente um sorteio para a ordem em que as amostras iriam ser servidas, bem como para o código de três dígitos que cada uma receberia. As análises foram feitas às segundas-feiras pela

tarde, quartas-feiras de manhã e à tarde e às sextas-feiras pela manhã, nos horários de 8:30h às 9:30h e 14:40h às 15:40h. Cada tratamento foi analisado em três repetições por cada um dos onze provadores.

Três meses depois, os provadores foram novamente contactados e foram realizadas mais duas reuniões. Todos os conceitos a respeito dos atributos foram repassados e algumas amostras de pães de queijo foram analisadas com emprego da mesma ficha de Análise Descritiva Quantitativa anteriormente utilizada (Figura 1A). Estas análises foram feitas em conjunto e numa outra sessão foram feitas individualmente para que os provadores assimilassem cada atributo novamente e para que as dúvidas quanto à intensidade de cada atributo e o preenchimento das fichas fossem esclarecidas. A análise sensorial dos pães de queijo obtidos de massa congelada seguiu o mesmo roteiro.

3.2.15 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se programa Sistema para Análise de Variância (SISVAR), da Universidade Federal de Lavras, de autoria de Ferreira [19--?]. Para os fatores tipos de polvilho e formulações, que se mostraram significativos pelo Teste de F, a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de Scott & Knott para a comparação das médias. Quando compararam-se os dois tipos de massa e de produtos, utilizou-se o próprio Teste de F (5%), na média dos fatores e no desdobramento de interações. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial, quando existia mais de um fator e diferenciados para cada tipo de matéria-prima. Desse modo, foram conduzidos quatro experimentos:

Experimento 1: conduzido para comparar os quatro tipos de polvilho.

Experimento 2: foram estudados os tipos de polvilho, as formulações e os tipos de massa para avaliar as massas do pão de queijo.

Experimento 3: estudaram-se os tipos de polvilho, as formulações e os tipos de massa para avaliar os pães de queijo.

Experimento 4: estudaram-se os tipos de polvilho, as formulações, os tipos de massa e os tipos de produto para comparar as massas do pão de queijo e os pães de queijo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do polvilho

4.1.1 Umidade, pH, acidez titulável e densidade absoluta dos tipos de polvilho

A Tabela 3 mostra os valores de umidade, de pH, de acidez titulável e densidade absoluta para os tipos de polvilho azedo (PA), doce (PD), 70% azedo+30% doce (PS) e 50% azedo+50% doce (PC).

Os valores de umidade encontrados para os polvilhos demonstram que os mesmos continham um valor ligeiramente acima dos 14,0% citados no CNNPA 12/78 (Brasil, 1978) para a fécula de mandioca. Plata Oviedo (1998) relatou em seu trabalho umidades de 13,67% e de 18,31% para o polvilho azedo com 8 e 6 horas de exposição ao sol, respectivamente.

Quanto ao pH, os resultados foram bem coerentes, com PA apresentando um valor inferior aos dos outros polvilhos, seguido de PS, depois PC, e finalmente, PD, que já era esperado devido à natureza destes materiais. Plata Oviedo (1998) encontrou, para polvilho azedo comercial com umidade próxima a 14%, um valor de pH médio de 3,81. Pereira et al. (1999b) encontraram, para fécula fermentada de mandioca e polvilho azedo comercial, valores de pH de 4,69 e 4,18. Arias (2000) cita valores de 5,5 para polvilho doce e de 3,5 para polvilho azedo. Portanto, em relação aos resultados encontrados por outros autores, as amostras de polvilho azedo e de polvilho doce em estudo apresentaram valores mais baixos de pH.

A amostra de PA apresentou um valor de acidez titulável mais elevado, seguida por PS, depois por PC e, finalmente, por PD, ou seja, os resultados foram condizentes com os valores encontrados para pH. Plata Oviedo (1998)

encontrou um valor de 5,30 meq/100 g b.s. de acidez titulável para amostras de polvilho azedo comercial, valor este inferior ao apresentado pela amostra de polvilho azedo deste trabalho. Os valores mais baixos de pH e mais elevados de acidez titulável apresentados nesta ordem são justificados pelo fato de a intensidade da atividade microbiana aumentar com o aumento da fermentação do amido.

Os valores de densidade absoluta foram iguais para todos os tipos de polvilho. Estes valores foram superiores aos 1,2424 a 1,2894 g/mL encontrados por Amante (1986) para diversas amostras de amido de mandioca, porém, foram próximos aos valores encontrados por Pereira et al. (1999b), Rivera (1996) e Asquieri (1990).

TABELA 3 Valores médios¹ de umidade (%), pH, acidez titulável (meq/100g b.s.) e densidade absoluta (g/mL), em função dos tipos de polvilho azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC).

Tipos de polvilho	Umidade (%)	pH	Acidez titulável (meq/100g b.s.)	Densidade (g/mL)
PA	15,08 a	3,39 a	7,71 a	1,3540 a
PD	14,26 b	4,00 d	3,58 d	1,4010 a
PS	14,80 a	3,57 b	6,80 b	1,4173 a
PC	14,44 b	3,71 c	5,54 c	1,3771 a

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.1.2 Propriedade viscoamilográficas

As curvas viscoamilográficas são apresentadas na Figura 2 e os parâmetros das propriedades viscoamilográficas na Tabela 4.

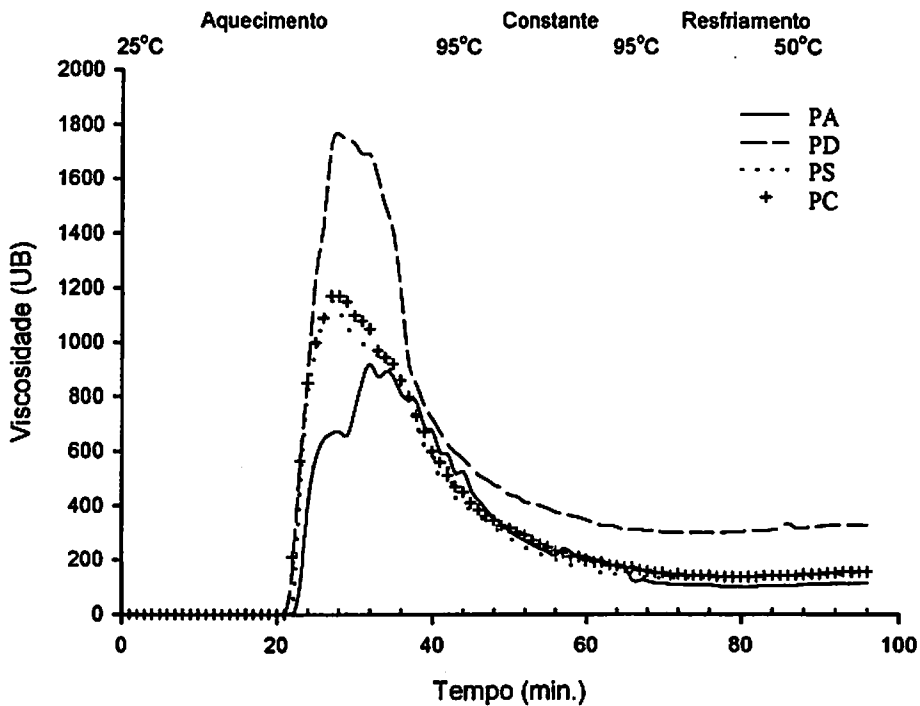


FIGURA 2 Curvas viscoamiliográficas das amostras de polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC), em suspensões de 8% p/v, em função do tempo (minutos) e da viscosidade (Unidades Brabender).

TABELA 4 Propriedades viscoamilográficas dos tipos de polvilho azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC), considerando uma suspensão 8% (p/v) e 14% de umidade.

Características	Tipos de polvilho			
	PA	PD	PS	PC
TIP (°C)	59,5	58,0	58,0	58,0
Visc. 95°C inicial	387	497	340	360
Visc. 95°C final	123	310	137	160
Visc. máxima	920	1767	1117	1170
T°C V.máx.	73,0	67,0	65,5	65,5
Visc. mínima	183	310	137	160
Visc. final	115	330	153	155

Observando a Figura 2 e a Tabela 4, verifica-se que o polvilho doce (PD) apresenta uma viscosidade máxima bem mais elevada do que as demais amostras, indicando que seus grânulos, que não sofreram uma fermentação tão drástica como as demais amostras, principalmente a de polvilho azedo (PA), possuem uma maior capacidade para absorver água sem sofrer ruptura. PA apresentou valores bem mais baixos e os tipos de polvilho PS (70% azedo + 30% doce) e PC (50% azedo + 50% doce) apresentaram valores intermediários. Entretanto, deve-se observar que o aumento de PA na mistura, de 50% para 70%, não provoca decréscimo correspondente na viscosidade máxima.

Os polvilhos em estudo apresentaram pouca variação na temperatura inicial de pasta, com valores entre 58° e 59,5°C. A Tabela 4 mostra que, quando se atingiram 95°C, os valores de viscosidade foram bem maiores para as amostras de PD e que PA apresentou aproximadamente 20 UB a mais do que PC e esta amostra apresentou 20 UB a mais do que PS. Ao final de 20 minutos, à temperatura de 95°C, PD manteve-se com maior viscosidade em relação às demais amostras e PA apresentou-se com o menor valor. Entre o início e final da temperatura de 95°C, a amostra PA foi a que apresentou uma maior diferença

(264 UB) e PD a menor diferença (187 UB), enquanto PS e PC apresentaram diferenças intermediárias em relação às demais amostras e próximas entre si (203 e 200 UB, respectivamente). Uma maior diferença de viscosidade entre o início e o final da temperatura constante pode significar uma menor resistência à agitação mecânica.

A diferença de viscosidade apresentada, entre o início e final da temperatura de 95°C, pelo polvilho azedo em estudo, foi bem maior do que as 45 UA do polvilho azedo comercial encontradas por Plata Oviedo (1998) e esteve próxima das 270 UA encontradas por Ascheri (1992) em amostras de polvilho com 42 dias de fermentação. Para o polvilho doce, a diferença encontrada neste trabalho foi um pouco maior do que as 155 UA encontradas por Plata Oviedo, próxima às 190 UA encontradas no trabalho de Ascheri (1992) para o polvilho com quatro dias de fermentação e dentro do intervalo apresentado por Ferreira (1986) num estudo de amidos de várias cultivares de mandioca, no qual foram encontrados valores de 180 e 200 UA. Na literatura consultada não foi encontrada nenhuma relação entre esta propriedade viscoamilográfica e as características do pão de queijo.

Observando-se os dados da Tabela 4, verifica-se que a temperatura inicial de pasta para o polvilho doce foi menor do que as temperaturas de 61,5° a 63,0°C encontradas por Sarmento (1989) e de 63,0°C encontrada por Franco e Tavares (1998) em amostras com concentração de 5,5% p/v. Porém, apresentou-se próxima aos 58,5° e 59,8°C encontrados por Ascheri (1992) e Plata Oviedo (1998) em amostras a 6,2%, p/v, respectivamente. O valor médio encontrado para a viscosidade máxima do polvilho doce está acima dos valores de 830 a 1140 UB (Sarmento, 1989), 820 a 1075 UB (Rosenthal et al., 1972), 1060 UB (Pereira et al., 1999b), 880 UA (Plata Oviedo, 1998), 730 a 750 UB (Vitti, 1967) e 580 UA (Franco e Tavares, 1998) mas se aproximou do valor de 1777,5 UA (Ascheri, 1992).

A temperatura em que a viscosidade máxima foi atingida foi próxima aos 70,6°C alcançados pelas amostras de Plata Oviedo (1998), sendo a mesma de 67,0°C encontrada por Ascheri (1992) e inferior aos 73,0° e 77,5°C, obtidos pelas amostras de Pereira et al. (1999b) e Franco e Tavares (1998), respectivamente. A viscosidade para o início do aquecimento a 90°C esteve bem abaixo das 1090 UA encontradas por Ascheri (1992), foi próxima das 470 UA das amostras de Plata Oviedo (1998) e um pouco acima das 320 UA obtidas por Franco e Tavares (1998). Ao final da temperatura constante de 90°C, as amostras apresentaram uma viscosidade menor do que 410 UA (Ascheri, 1992) e bem semelhante às 315 UA apresentadas por Plata Oviedo (1998) e superior a 190 UA (Franco e Tavares, 1998). As viscosidades finais apresentadas aos 50°C com valores de 310 e 350 UA (Franco e Tavares, 1998 e Ascheri, 1992, respectivamente) são próximas à media de 330°C apresentadas neste trabalho.

Observando-se os dados das propriedades viscoamilográficas do polvilho azedo, ainda na Tabela 4, podemos comentar que a temperatura inicial de pasta foi semelhante aos 59°C encontrados por Plata Oviedo (1998) e foi menor do que os 64,5°C obtidos por Franco e Tavares (1998). A viscosidade máxima foi maior do que os valores 270 UA, 335 UA e 650 UB encontrados Franco e Tavares (1998), Plata Oviedo (1998) e Pereira et al. (1999b), nesta ordem. A temperatura de viscosidade máxima foi menor do que 64,5° e 66,1°C apresentadas por Franco e Tavares (1998) e Plata Oviedo (1998). As viscosidades no início e no término da agitação a 90°C foram bem maiores do que as apresentadas também por estes autores.

A temperatura ao final do resfriamento foi inferior a 183 UB, a 50°C (Pereira et al. 1999b), próxima a 125 UA, a 30°C (Plata Oviedo, 1998) e bem superior a 60 UA, a 50°C (Franco e Tavares, 1998). Todos estes parâmetros apresentaram resultados bem próximos aos encontrados por Ascheri (1992) em polvilhos com 25 ou com 30 dias de fermentação em tanque industrial.

Na comparação dos resultados das propriedades viscoamilográficas deste trabalho com outros da literatura encontramos algumas diferenças que podem ser devido às diferentes concentrações das suspensões, pH e tempo e método de fermentação.

4.1.3 Difractometria de raio-x

Os difractogramas de raio-x (Figura 3) das amostras de polvilho PA, PD, PS e PC apresentaram um mesmo comportamento, caracterizando-se como de padrão B. Este padrão é típico de tubérculos e raízes e fornece picos a 5,9, 5,2, 4,0 e 3,7 Å.

Apesar da fermentação, o polvilho azedo conservou o mesmo padrão de difração de raio-x do polvilho doce. Comparando apenas PA e PD (Tabela 5), pode-se considerar que a fermentação causou um aumento de intensidade na maioria dos picos.

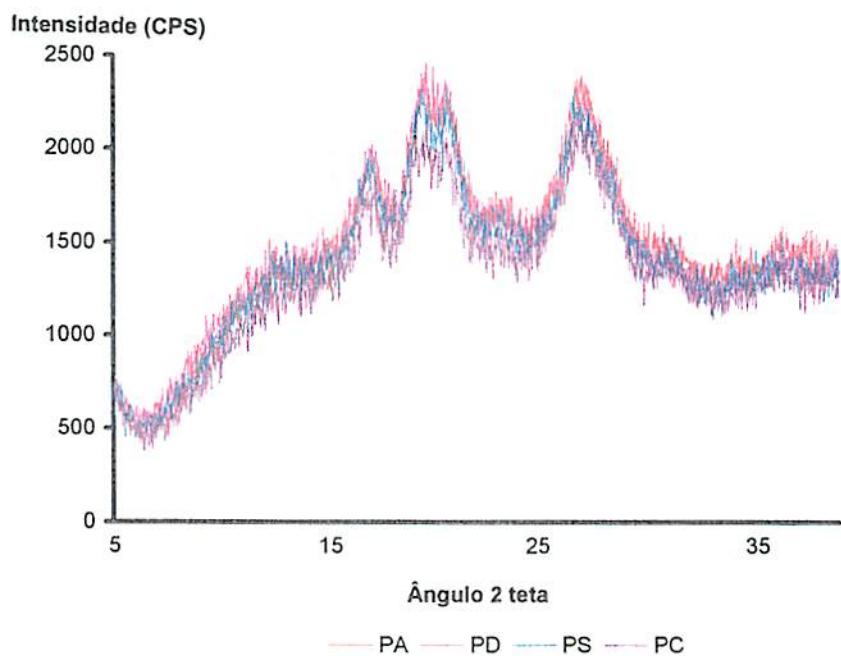


FIGURA 3 Difractogramas de raio-x dos tipos de polvilho azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC).

TABELA 5 Espaço interplanar (espaço D), ângulo 2θ e intensidade medida em contagem por segundo (CPS) dos picos dos difractogramas de raio-x dos tipos de polvilho azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC).

	Picos	Tipos de polvilho			
		PA	PD	PS	PC
1	Espaço D	5,9	5,8	5,9	5,8
	Ângulo 2θ	17,461	17,689	17,537	17,613
	CPS	1832	1772	1772	1648
2	Espaço D	5,2	5,2	5,2	5,2
	Ângulo 2θ	19,965	19,889	19,813	19,965
	CPS	2237	2181	2172	1936
3	Espaço D	4,9	4,9	4,9	4,9
	Ângulo 2θ	21,027	20,875	20,951	20,875
	CPS	2061	2190	2079	1815
4	Espaço D	3,9	3,8	3,9	3,8
	Ângulo 2θ	26,870	26,946	26,490	26,946
	CPS	2304	1706	2218	2079

4.2 Caracterização da massa de pão de queijo

4.2.1 Umidade das massas de pão de queijo

Os valores de umidade obtidos para as massas não-congeladas e congeladas de pão de queijo encontram-se na Tabela 6.

TABELA 6 Valores médios de umidade¹ (%), em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	38,73 b	40,76 a	34,70 c	37,93 b
	PD	37,91 a	39,53 a	34,31 b	38,83 a
	PS	38,95 b	41,33 a	35,22 c	39,69 b
	PC	38,70 b	41,74 a	34,42 c	39,17 b
Congelada	PA	37,09 b	40,13 a	32,12 c	38,93 a
	PD	36,13 b	40,85 a	30,71 c	36,33 b
	PS	36,54 b	40,19 a	32,46 c	37,13 b
	PC	37,67 b	40,58 a	31,25 c	37,48 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

Considerando-se os valores de umidade em função da interação significativa (Tabela 2C) entre tipos de polvilho, formulações e tipos de massa (Tabela 6), verifica-se que as amostras de massa obtidas dos polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC) apresentaram praticamente um mesmo comportamento na massa não-congelada

e na massa congelada. Isto proque, na formulação sem leite (SL), o teor de umidade foi maior, seguido igualmente pelas formulações completa (FC) e sem queijo (SQ) e depois pela formulação sem ovo (SO). Esse resultado se deve ao fato de o ovo ter uma contribuição de aproximadamente 75% (Powrie e Nakai, 1985) de umidade na formulação e sua ausência originou uma massa mais seca. Como o leite apresenta um teor de água em torno de 85,4% a 87,7% (Swaigood, 1985), a sua substituição pela água nas formulações SL resultou em uma massa mais úmida.

A maioria das massas não-congeladas apresentou maior umidade do que as massas congeladas. Uma hipótese para isto é a de que o congelamento lento favoreceu a formação de cristais que romperam a estrutura da emulsão, liberando água. É possível, também, que a água cristalizada na superfície da massa tenha se descongelado durante a sua preparação para a análise de umidade, evaporando-se antes da pesagem e, finalmente, a água cristalizada na superfície da massa ficou retida na embalagem de polietileno utilizada.

Quanto aos valores de umidade encontrados na massa do pão de queijo, Jesus (1997) encontrou em três marcas comerciais de pão de queijo congelado valores de 42,15%, 43,61% e 41,34% de umidade. Pereira (1998), em um ensaio preliminar da composição química de três marcas comerciais de pão de queijo congelado, encontrou valores médios de umidade de 42,15%, 43,62% e 41,28%. Todos estes valores, no entanto, são superiores aos encontrados neste trabalho, considerando as massas congeladas e com formulação completa.

4.2.2 Cinza das massas de pão de queijo

Quanto aos teores de cinza na massa de pão de queijo, houve diferença significativa (Tabela 2C) apenas em relação às formulações (Tabela 7). As formulações completa (FC) e sem ovo (SO) apresentaram os maiores teores de cinza, as formulações sem queijo (SQ) apresentaram os menores valores e as

formulações sem leite (SL) apresentaram valores intermediários. Por estes resultados verificou-se a contribuição do leite e principalmente do queijo, como fornecedores de minerais à massa, uma vez que o queijo parmesão apresenta, em média, 3,41% de minerais (Williams, 1997).

TABELA 7 Valores médios de cinza¹ (% b.s.) de massas de pães de queijo em função das formulações.

Formulações	Cinza (% b.s.)
FC	3,3769 a
SL	3,1292 b
SO	3,2919 a
SQ	2,4590 c

¹Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%)

Apesar da interação entre os tipos de polvilho, as formulações e as massas não ter se apresentado significativa (Tabela 2C), o desdobramento dos valores médios dos conteúdos de cinza das massas não-congeladas e das massas congeladas encontram-se na Tabela 8. Todas as massas em estudo, exceto a massa congelada feita com 50% de polvilho azedo + 50% de polvilho doce, apresentaram um valor médio de cinza para as formulações FC, SL e SO estatisticamente iguais e superiores aos da massa com formulação SQ. A massa com polvilho PC apresentou as formulações FC e SQ com o maior e o menor teor de cinza, respectivamente e as formulações SL e SO com valores iguais e intermediários, na massa congelada.

TABELA 8 Valores médios de cinza¹ (% b.s.), em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	3,25 a	3,02 a	3,18 a	2,39 b
	PD	3,28 a	3,09 a	3,26 a	2,44 b
	PS	3,36 a	3,14 a	3,35 a	2,47 b
	PC	3,37 a	3,26 a	3,24 a	2,44 b
Congelada	PA	3,33 a	3,20 a	3,28 a	2,33 b
	PD	3,35 a	3,23 a	3,39 a	2,55 b
	PS	3,21 a	3,11 a	3,39 a	2,74 b
	PC	3,86 a	2,97 a	3,24 b	2,30 c

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

Jesus (1997) encontrou valores bastante variáveis examinando três lotes de três marcas comerciais de pão de queijo, sendo que estes valores médios variaram de 3,82% a 4,25% de cinzas (b.s.) e se apresentaram superiores aos relatados no presente trabalho. De acordo como este mesmo autor, o conteúdo de sais minerais em massas de pães de queijo pode variar de acordo com a quantidade de sal (cloreto de sódio) empregada na formulação, com a quantidade de leite e de queijo e mesmo com a origem deste leite e deste queijo, uma vez que estes produtos também apresentam uma constituição variável.

4.2.3 Proteína extraída das massas de pão de queijo


Os resultados do conteúdo de proteína extraída com citrato de sódio das massas de pão de queijo são mostrados nas Tabelas 9 e 10. Houve diferença significativa em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa, tomados isoladamente e em interação (Tabela 2C).

TABELA 9 Valores médios de proteína extraída com citrato de sódio¹ (% b.s.) de massas de pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	9,10 c	FC	12,18 a	Não-congelada	11,04 a
PD	9,20 c	SL	11,11 b	Congelada	7,86 b
PS	9,90 a	SO	9,35 c		
PC	9,59 b	SQ	5,16 d		

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os dados da Tabela 9 mostram que as massas obtidas com polvilho PS e PC possuem valores mais elevados de proteína, não levando em consideração a formulação e se a massa era não-congelada ou congelada. Na prática, não existe razão para que as massas obtidas das misturas de PA e de PD tenham conteúdo protéico diferente daquele que seria obtido por meio de um simples balanço de massa. Apesar das diferenças anunciadas pelo Teste de Scott e Knott, teste este bem rígido quanto às diferenças, pode-se observar que os valores encontrados para os diferentes tipos de polvilho são bem próximos.



Quanto aos valores de proteína encontrados para as formulações (Tabela 9), já era de se esperar estes resultados, pois FC, por conter todos os ingredientes, também deveria ter um conteúdo protéico maior e SL não possui leite mas ainda possui excelentes fontes protéicas provenientes do ovo e do queijo. A ausência do ovo em SO também foi importante e as formulações SQ, que apresentaram o menor valor protéico em relação às demais amostras, demonstraram a importância do queijo parmesão (41,6%, segundo Williams, 1997) para o conteúdo protéico da massa, pois, mesmo com a proteína do leite utilizado (3,5%) e do ovo (12,8% a 13,4%, segundo Powrie e Nakai, 1985), a proteína total da massa foi bem inferior às das demais formulações.

As massas não-congeladas apresentaram um maior valor protéico do que as massas congeladas (Tabela 9). Uma hipótese para explicar esse fato seria que, durante o congelamento da massa, o congelamento da água ocorre em etapas. Ou seja, a água não se congela toda ao mesmo tempo, propiciando uma maior concentração de soluto na parte que ainda não se congelou e acarretando aumento da pressão osmótica e alteração do pH. Como a solubilidade das proteínas varia com o pH, força iônica, temperatura e concentração protéica, conforme Chefel, Cuq e Lorient (1989), esta solubilidade pode ter sido alterada e, portanto, o citrato de sódio utilizado como extrator pode não ter sido capaz de extrair toda a proteína contida na massa congelada, resultando em valores menores.

A interação entre tipos de polvilho, formulações e tipos de massa (Tabelas 10 e 2B) mostrou diferenças significativas ($P < 0,05$), sendo que, para a maioria das combinações entre massa e os tipos de polvilho, a formulação completa apresentou maior teor protéico, seguida pela de formulação sem leite, pela sem ovo e, finalmente, pela massa sem queijo, a menos protéica. A Tabela 10 também mostra que os valores encontrados para o conteúdo de proteína das massas não-congeladas são superiores aos das massas congeladas.

TABELA 10 Valores médios de proteína extraída com citrato de sódio¹ (% b.s.), em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilhos.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	12,47 a	12,39 a	10,86 b	5,84 c
	PD	13,97 a	11,96 b	11,13 c	5,34 d
	PS	15,90 a	14,07 b	10,45 c	6,33 d
	PC	14,69 a	13,62 b	10,88 c	6,70 d
Congelada	PA	10,35 a	9,18 b	7,63 c	4,08 d
	PD	9,85 a	9,45 a	7,76 b	4,14 c
	PS	10,15 a	9,82 a	8,29 b	4,20 c
	PC	10,05 a	8,42 b	7,77 b	4,64 c

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

O teor protéico das massas congeladas encontrado por Jesus (1997) em três marcas comerciais de pão de queijo congelado produzidos com polvilho azedo ficou entre 9,01% e 16,78 % (b.s.), apresentando valores médios para cada massa de 14,51, 13,01 e 10,33 % (b.s.). Neste trabalho, os valores encontrados para massas congeladas, considerando apenas formulações completas, estiveram entre 9,69% e 10,83% (b.s.). Pode ser observado, ainda por estes dados, a diversidade de valores encontrados em lotes ou amostras diferentes de massas de pão de queijo.

4.2.4 Extrato etéreo das massas de pão de queijo

A Tabela 11 mostra que o conteúdo de extrato etéreo das massas de pão de queijo apresentou diferenças significativas em função dos tipos de polvilho, formulações e tipos de massa. Apesar de os valores encontrados para os tipos diferentes de polvilho serem bem próximos, ainda assim a massa obtida de polvilho azedo foi tida como de maior conteúdo de extrato etéreo em relação às obtidas com outros polvilhos.

TABELA 11 Valores médios de extrato etéreo¹ (% b.s.) de massas de pães de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	27,09 a	FC	28,33 a	Não-congelada	26,55 a
PD	26,32 b	SL	28,23 a	Congelada	25,98 b
PS	25,86 b	SO	24,83 b		
PC	25,80 b	SQ	23,36 c		

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

O leite não forneceu uma quantidade significativa de substâncias extraídas com éter às massas de pão de queijo, uma vez que a formulação completa contendo leite não se mostrou diferente da formulação sem leite, quanto à percentagem de extrato etéreo. Por sua vez, as formulações sem queijo e sem ovo tiveram os menores conteúdos de extrato etéreo.

As amostras de massa congelada apresentaram um menor conteúdo de extrato etéreo do que as amostras de massa não-congelada.

Jesus (1997) encontrou, para lotes de massa congelada de pão de queijo, de 21,01% a 27,59% de constituição lipídica. Os valores encontrados no presente trabalho foram de 26,49% a 29,70% (Tabela 12) para massas também congeladas e com formulação completa.

Os valores médios de extrato etéreo podem ser observados na Tabela 12, onde pode ser também notada a importância do ovo e do queijo.

TABELA 12 Valores médios de extrato etéreo¹ (% b.s.), em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilhos.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	28,18 a	27,96 a	25,23 b	23,76 b
	PD	28,09 a	27,71 a	24,63 b	25,41 b
	PS	28,46 a	28,77 a	26,80 b	22,73 c
	PC	28,51 a	29,14 a	24,85 b	23,56 b
Congelada	PA	28,99 a	29,42 a	25,51 b	24,32 b
	PD	29,70 a	28,05 a	24,31 b	22,64 b
	PS	26,85 a	26,62 a	24,24 b	22,36 c
	PC	26,49 a	28,16 a	23,10 b	22,57 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.2.5 pH das massas de pão de queijo

A Tabela 13 mostra as médias de pH das massas não-congeladas e congeladas obtidas dos polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) 50% azedo + 50% doce (PC), nas formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ). Mesmo havendo diferenças significativas dos valores entre os tipos de polvilho, entre as formulações e entre os tipo de massas, esta diferença não ocorreu na interação destes três fatores, havendo interação significativa apenas com relação aos tipos de polvilho e a formulações (Tabela 14) e com relação aos tipos de polvilho e o tipo de massa (Tabela 15).

TABELA 13 Valores médios de pH¹ de massas de pães de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,42 c	FC	5,91 a	Não-congelada	5,79 a
PD	6,13 a	SL	5,73 a	Congelada	5,65 b
PS	5,60 b	SO	5,87 a		
PC	5,74 b	SQ	5,37 b		

¹Médias seguidos de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

As massas obtidas com polvilho PA apresentaram um pH inferior àquelas oriundas de polvilho PS, PC e PD. Este dado demonstra a influência dos tipos de polvilho no pH das massas. As formulações e os tipos de massa também apresentaram diferenças significativas, tendo as massas com formulações SQ

apresentado menor valor de pH em relação às demais e as massas congeladas também apresentaram menor pH em relação às massas não-congeladas.

A Tabela 14 mostra que as massas fabricadas com polvilho PD apresentaram valores de pH mais elevados nas formulações FC, SO e SQ. Embora nas massas obtidas com polvilho PC haja um maior pH na formulação SL, pode-se observar também que as diferenças entre os pHs desta formulação se encontram mais próximas, numa comparação com as demais formulações.

TABELA 14 Valores médios de pH¹ de massas de pães de queijo em função dos tipos de polvilho e das formulações.

Tipos de polvilho	Formulações			
	FC	SL	SO	SQ
PA	5,66 b	5,53 b	5,62 b	4,86 b
PD	6,31 a	5,72 b	6,24 a	6,24 a
PS	5,75 b	5,64 b	5,76 b	5,26 b
PC	5,91 b	6,04 a	5,87 b	5,14 b

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott, (5%).

O pH das massas não-congeladas e congeladas, em função das formulações, é mostrado na Tabela 15. As massas fabricadas com base na formulação SQ apresentaram um valor menor de pH na massa congelada e, para os demais casos, não houve diferença significativa.

TABELA 15 Valores médios de pH¹ de massas de pães de queijo em função dos tipos de polvilho e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho	Tipos de massa	
	Não-congelada	Congelada
PA	5,41 b	5,42 b
PD	6,11 a	6,14 a
PS	5,64 b	5,56 b
PC	6,00 a	5,48 b

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os dados da Tabela 16 mostram que o pH das massas de pão de queijo oscilou entre 4,80 a 6,46 para os diversos tipos de polvilho, de formulações e para massas não-congeladas ou congeladas. Ressalta-se, mais uma vez, que não houve interação significativa entre os três fatores: tipos de polvilho, formulações e o tipo de massa. Observando-se os valores de pH, nota-se que a maioria das massas feitas com PA apresentaram pHs menores do que as feitas com PD, sendo que PS e PC apresentaram resultados intermediários, evidenciando mais uma vez a influência dos tipos de polvilho no pH das massas. As amostras provenientes da formulação SQ obtiveram os menores valores de pH.

TABELA 16 Valores médios de pH¹, em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilhos.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	5,61 a	5,61 a	5,59 a	4,83 b
	PD	6,46 a	5,29 b	6,39 a	6,32 a
	PS	5,71 a	5,69 a	5,80 a	5,36 a
	PC	6,04 a	6,36 a	6,13 a	5,48 b
Congelada	PA	5,71 a	5,44 a	5,64 a	4,88 b
	PD	6,16 a	6,15 a	6,10 a	6,15 a
	PS	5,79 a	5,59 a	5,72 a	5,16 b
	PC	5,78 a	5,73 a	5,62 a	4,80 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.2.6 Acidez titulável das massas de pão de queijo

A acidez titulável das massas de pão de queijo variou de acordo com o tipo de polvilho utilizado, com a formulação e também em função do congelamento da massa. Todos estes fatores isolados e em interação apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) (Tabela 2C).

O efeito isolado de cada fator é apresentado na Tabela 17, onde nota-se que a acidez de PA foi maior do que de PD, enquanto as amostras de PS e de PC apresentaram valores intermediários. Comparando-se os valores apresentados pelas formulações, observa-se que as formulações SO apresentaram maiores índices de acidez em relação às demais, indicando que o ovo, além de seu efeito emulsificante, também exerce algum efeito relacionado à redução da acidez da massa. As formulações SQ foram as que tiveram menores índices de acidez,

indicando que o queijo aumenta a acidez da massa. De maneira geral, todos os ingredientes desempenharam um papel importante quanto à acidez da massa, pois massas feitas sem leite ou sem ovo ou sem queijo apresentaram valores diferentes da massa com formulação completa.

Massas não-congeladas e massas congeladas também apresentaram diferenças na acidez, que foi menor na massa congelada, talvez devido à inativação de várias enzimas pela temperatura de congelamento empregada.

Tabela 17 Valores médios de acidez titulável¹ (meq/100g b.s.) das massas de pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	7,86 a	FC	7,38 b	Não-congelada	7,05 a
PD	5,23 c	SL	6,42 c	Congelada	6,43 b
PS	7,02 b	SO	8,42 a		
PC	6,86 b	SQ	4,76 d		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os resultados para acidez titulável de cada amostra de massa obtida dos polvilhos PA, PD, PS e PC, das formulações FC, SL, SO e SQ, sem e com congelamento encontram-se na Tabela 18.

TABELA 18 Valores médios de acidez titulável¹ (meq/100g bs) em função das diferentes formulações, em massas não-congeladas e congeladas de pães de queijo obtidas com diferentes tipos de polvilhos.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	8,88 a	8,02 b	9,20 a	5,72 c
	PD	6,15 a	6,49 a	6,30 a	2,68 b
	PS	7,79 b	6,18 c	9,52 a	4,96 d
	PC	7,80 b	7,34 b	10,13 a	5,70 c
Congelada	PA	8,36 b	7,38 c	9,28 a	6,02 d
	PD	5,83 b	4,80 c	6,86 a	2,73 d
	PS	7,46 b	5,92 c	9,27 a	5,06 d
	PC	6,74 a	5,20 b	6,81 a	5,18 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.2.7 Evolução da consistência das massas de pão de queijo

Apesar de o farinógrafo não ser um equipamento desenvolvido para análise de consistência de massas de pão de queijo, este aparelho foi utilizado para a fabricação das massas e para o registro da resistência delas aos movimentos das pás do aparelho. Dessa forma, foi possível realizar um acompanhamento da evolução da consistência, registrada no aparelho e expressa em unidades farinográficas (UF).

As massas analisadas foram as obtidas de polvilho azedo (PA), polvilho doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC), sendo cada tipo de massa desenvolvido com um dos tipos de polvilho e uma das formulações a saber: formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ), originando, portanto as massas PAFC, PDFC, PSFC, PCFC, PASL, PDSL, PSSL, PCSL, PASO, PDSO, PSSO, PCSO, PASQ, PDSQ, PSSQ e PCSQ.

O comportamento das formulações FC, ou seja das formulações em que o escaldamento do polvilho foi feito com leite, óleo, sal e à massa escaldada foram adicionados ovo e queijo, é mostrado na Figura 4. Para todos os tipos de polvilho, o perfil durante o escaldamento e a mistura foi o mesmo: o aparelho registrou um aumento na consistência devido ao escaldamento, uma queda drástica com a adição do ovo, seguida de elevação, com a adição do queijo. Foi notado, ainda, que a formulação PAFC no escaldamento obteve uma menor consistência. Isto pode ser atribuído à fermentação sofrida pelo PA que ocasiona uma absorção de água mais rápida do que os outros polvilhos, atingindo, portanto, o “máximo” de sua consistência antes dos outros polvilhos.

A adição do ovo provocou um decréscimo drástico e mais rápido na consistência da massa, sendo que a massa PDFC apresentou uma queda maior em relação às outras massas, talvez respondendo melhor ao efeito emulsificante do ovo. Mesmo após adição do queijo, PDFC apresentou menor consistência do

que as outras massas. PSFC e PCFC apresentaram medidas de consistências mais elevadas durante todo o processo de mistura. A consistência final das massas foi de 170, 220, 283 e 223 UF para as amostras PAFC, PDFC, PSFC e PCFC, respectivamente.

Todas estas massas foram retiradas do farinógrafo com certa facilidade, pois não estavam grudadas excessivamente no aparelho e apresentaram também uma ótima plasticidade ao serem moldadas. As massas já moldadas também se apresentaram firmes, conservando o formato até o momento de serem assados.

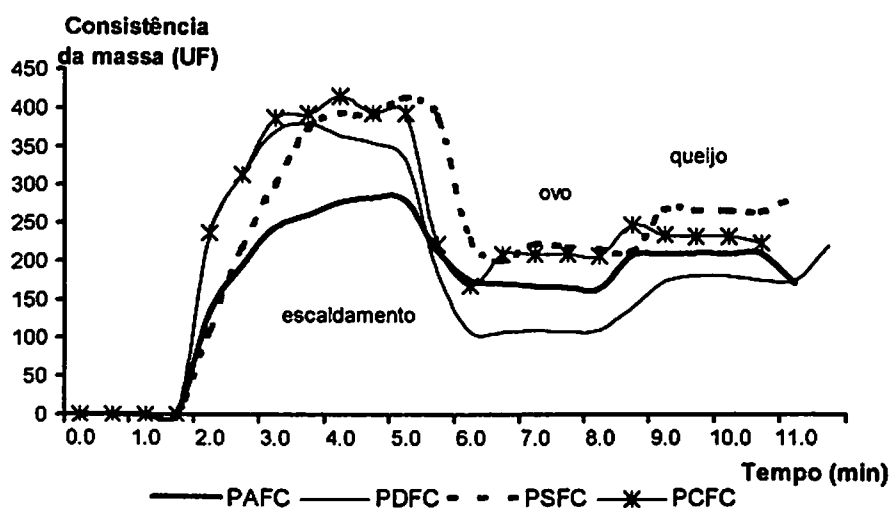


FIGURA 4 Curvas de consistência de massas de pão de queijo para os diferentes tipos de polvilho na formulação completa (PAFC, PDFC, PSFC e PCFC), em função do tempo.

Quando o escaaldamento se procedeu com o emprego de água, óleo e sal (Figura 5), os gráficos de consistência das massas de formulação SL apresentaram valores em unidades farinográficas bem maiores do que nas formulações FC. Esse resultado indica que houve uma maior “resistência” das

massas em serem misturadas, tendo os maiores valores sido registrados com as massas PDSL e PCSL, ou seja, as massas com maior percentagem de polvilho doce que absorveram água mais lentamente do que as massas onde predominou polvilho azedo. Com a adição do ovo, as massas registraram uma queda bastante acentuada na consistência, voltando a se elevar um pouco com a adição do queijo. A ligeira queda de consistência registrada pela massa PCSL ao final do desenvolvimento da massa pode ter sido devido à menor resistência desta massa ao tempo de mistura. Ao final da mistura as massas PASL, PDSL, PSSL e PCSL apresentaram valores de 345, 345, 335 e 235 UF, respectivamente.

No caso destas massas, as mesmas apresentavam uma textura um pouco mais pegajosa do que as FCs, não saindo do aparelho com tanta facilidade quanto as anteriores. Mas as massas eram fáceis de serem modeladas e também conservavam seu formato até o assamento.

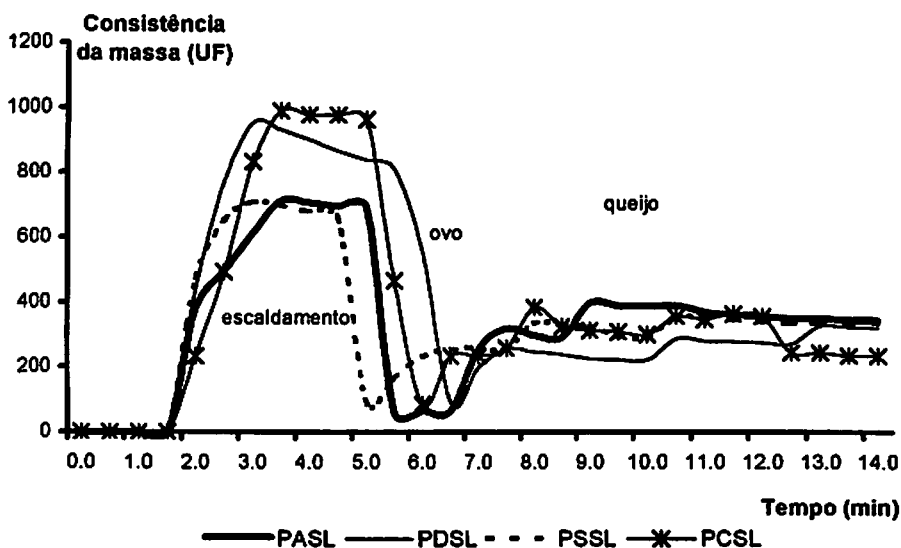


FIGURA 5 Curvas de consistência de massas de pão de queijo para os diferentes tipos de polvilho na formulação sem leite (PASL, PDSL, PSSL e PCSL), em função do tempo.

A utilização de leite (Figura 4) ou água (Figura 5) no escaldamento provocou alterações drásticas no comportamento da consistência. Com água, a consistência aumentou consideravelmente durante o escaldamento, decrescendo rápida e abruptamente com adição do ovo.

Em formulações sem ovo (Figura 6), as massas apresentaram uma queda de consistência menos acentuada com adição do queijo após o escaldamento com leite, óleo e sal. Esta queda mais suave resultou numa massa mais dura, esfarelenta, sem aderência no aparelho e nos moldes, porém difícil de ser moldada exatamente por não apresentar uma “liga”, sendo esfarelenta. O formato das massas moldadas não sofreu modificações até ao assamento.

À saída do farinógrafo, as massas apresentaram as seguintes consistências medidas em UF para PASO, PDSO, PSSO e PCSO: 300, 390, 365 e 400. Como se pode perceber, foram valores bem altos, resultando, portanto, em massas mais duras, sem plasticidade.

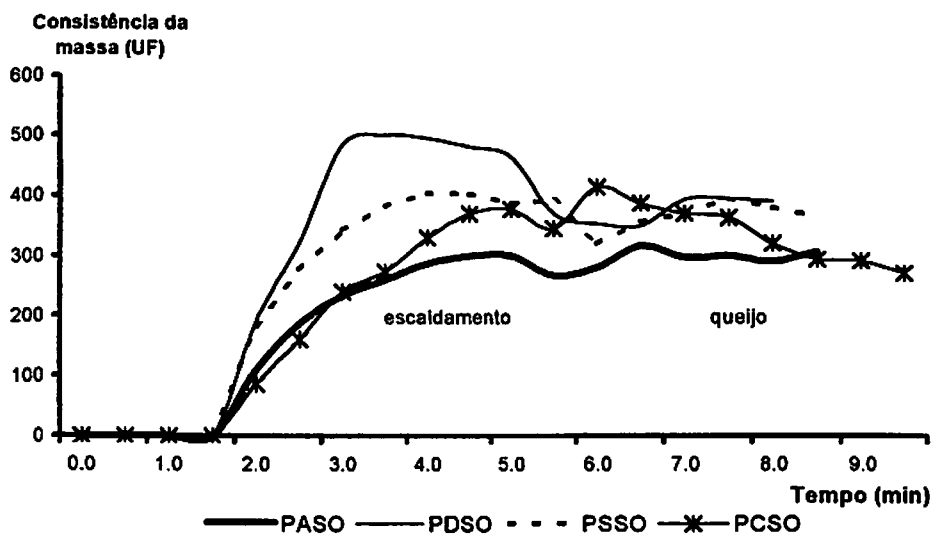


FIGURA 6 Curvas de consistência de massas de pão de queijo para os diferentes tipos de polvilho na formulação sem ovo (PASO, PDSO, PSSO e PCSO), em função do tempo.

As curvas de consistência de massas das formulações SQ (Figura 7) foram conseguidas como as de FC, porém, sem o acréscimo do queijo. Até o momento da adição do ovo, o perfil foi o mesmo desenvolvido pela formulação FC, tendo um aumento em UF no escaldamento (leite, óleo e sal) sofrendo uma queda com a adição do ovo. As massas eram muito moles, com grande aderência, difíceis de serem retiradas do farinógrafo e moldadas com maior dificuldade. Houve, inclusive, dificuldade de retirá-las dos moldes e não mantiveram o formato redondo inicial por muito tempo, pois a massa era excessivamente mole. Ao serem retiradas do aparelho, as massas apresentavam os seguintes registros de consistência: 208, 130, 160 e 105 UF para PASQ, PDSQ, PSSQ e PCSQ, nesta ordem.

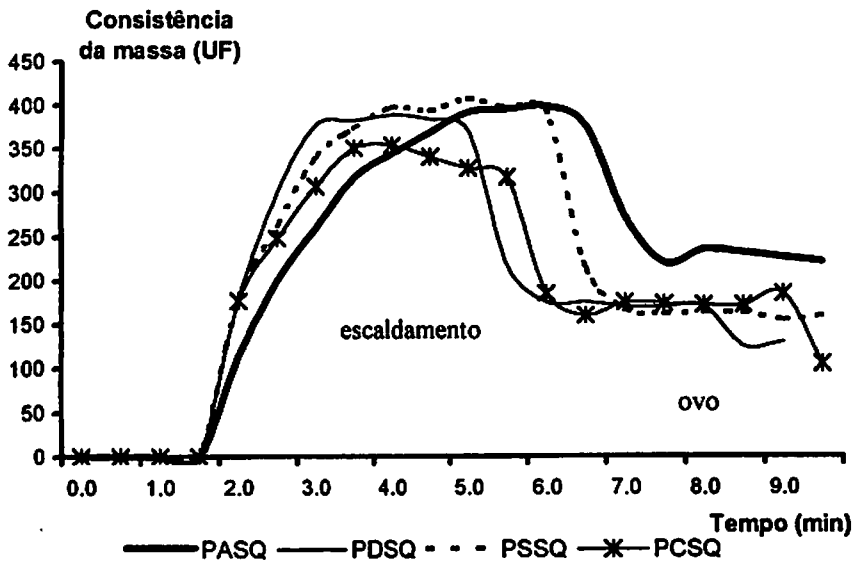


FIGURA 7 Curvas de consistência de massas de pão de queijo para diferentes tipos de polvilho na formulação sem queijo (PASQ, PDSQ, PSSQ e PCSQ), em função do tempo.

As massas produzidas com polvilho azedo apresentaram evolução de consistência influenciada pela formulação empregada (Figura 8).

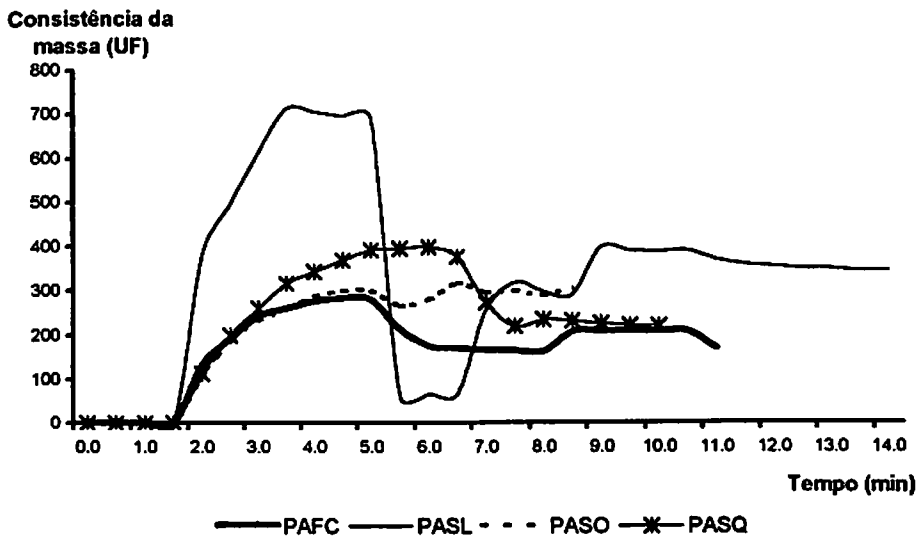


FIGURA 8 Curvas de consistência de massas de pão de queijo nas diferentes formulações feitas com polvilho azedo (PAFC, PASL, PASO e PASQ), em função do tempo.

Durante o escaldamento, as massas com formulação completa (PAFC) e sem ovo (PASO) foram as que apresentaram menor consistência, ou seja, maior resistência à ação mecânica. A massa feita sem leite (PASL) atingiu o valor mais alto de consistência, indicando que o escaldamento com leite favorece uma menor consistência da massa de pão de queijo neste estágio.

A adição de ovo provocou uma queda de consistência mais drástica na formulação PASL, indicando que este ingrediente é capaz de promover bruscamente uma diminuição da resistência à ação mecânica, até mesmo em

massas que se apresentam mais resistentes. A formulação PASL foi a que demorou mais tempo para atingir uma consistência ideal para ser moldada.

A Figura 9 mostra a evolução da consistência das massas produzidas com polvilho doce.

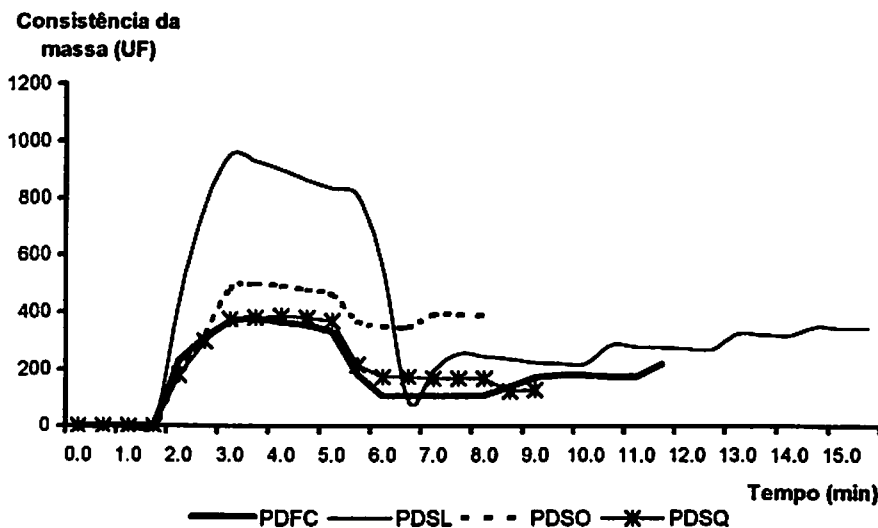


FIGURA 9 Curvas de consistência de massas de pão de queijo nas diferentes formulações feitas com polvilho doce (PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ), em função do tempo.

A massa PDSL se destacou no estágio de escaldamento, apresentando valores de consistência mais altos do que outras massas. A adição de ovo nas massas com polvilho doce fez com que as mesmas registrassem consistências menores, entre 100 e 200 UF.

O tempo de desenvolvimento da massa foi menor para PDSO que, por ser uma massa mais “seca”, se estabilizou mais rápido, até antes de PDSQ que,

apesar de ter menos ingredientes adicionados, gastou mais tempo até que o ovo se misturasse homogeneamente à massa.

A evolução das massas de pão de queijo produzidas com polvilho 70% azedo + 30% doce encontra-se na Figura 10.

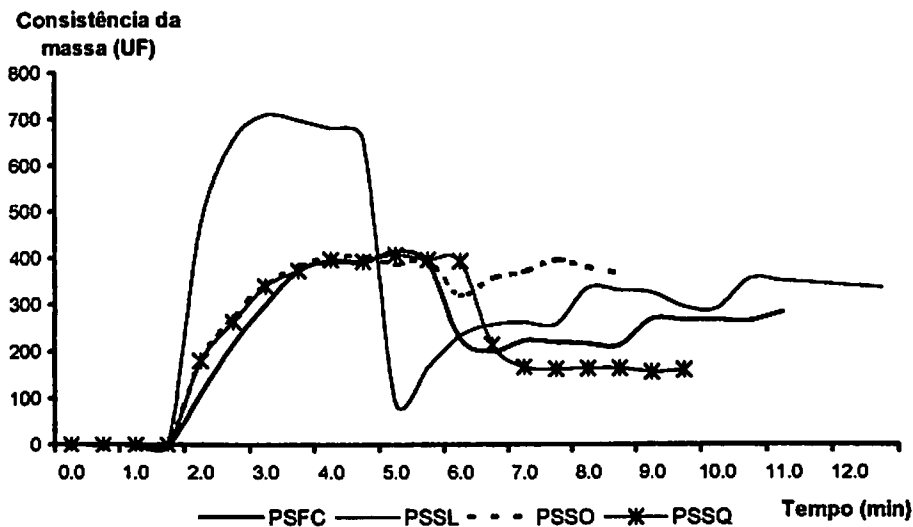


FIGURA 10 Curvas de consistência de massas de pão de queijo nas diferentes formulações feitas com polvilho 70% azedo + 30% doce (PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ), em função do tempo.

No estágio de escaldamento, a massa com água na formulação alcançou maior consistência, gastando menos tempo neste estágio, indicando hidratação mais rápida do que as massas produzidas com leite.

A Figura 11 mostra que as massas PCSL registraram os maiores valores de consistência durante o escaldamento, porém, com esta mistura de polvilho, o tempo gasto nesta fase foi mais próximo ao das outras massas feitas com PC.

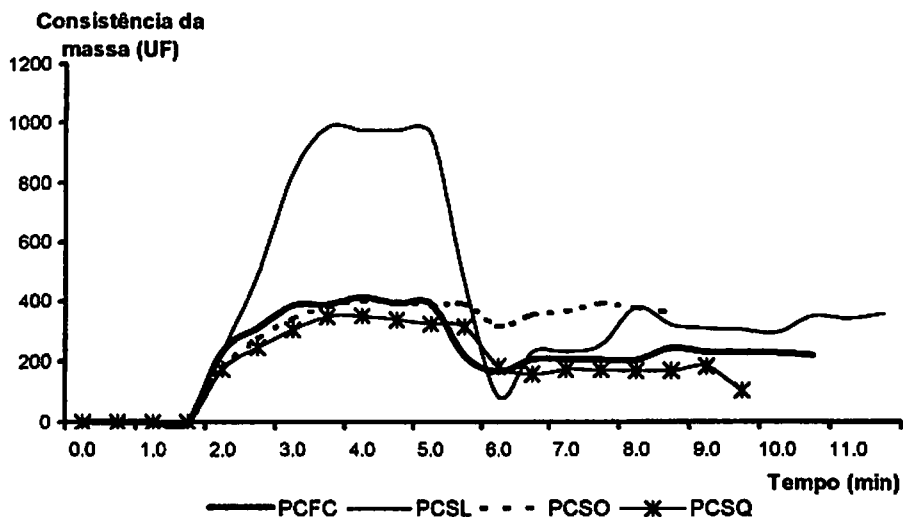


FIGURA 11 Curvas de consistência de massas de pão de queijo nas diferentes formulações feitas com polvilho 50% azedo + 50% doce (PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ), em função do tempo.

Nestas massas também foram observadas quedas de consistência mais abruptas na formulação PCSL quando da adição do ovo e todas as massas apresentaram elevações do registro de consistência logo após adição de queijo.

4.2.8 Consistência final das massas de pão de queijo

Quanto à consistência final das massas de pão de queijo, ou seja, a consistência da massa após a colocação de todos os ingredientes e após o tempo

de mistura, não houve influência significativa dos tipos de polvilho, mas sim do tipo de formulação utilizada (Tabela 4C). Isto indica que a consistência final das massas de pão de queijo, apesar das variações sofridas durante sua evolução, é independente do tipo de polvilho e dependente apenas da formulação.

TABELA 19 Valores médios de consistência final¹ (UF) das massas de pão de queijo em função das formulações.

Formulações	Consistência final (UF)
FC	220 b
SL	282 a
SO	353 a
SQ	205 b

¹Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

As massas com formulações FC e SQ e SL e SO apresentaram diferenças significativas (Tabela 19). Na prática, as massas com formulações completa e sem queijo eram mais macias, mais plásticas, mais moles, sendo que SQ era bem mais mole e grudenta do que FC. As massas sem ovo, quando moldadas, se mostraram duras e esfarelentas. Portanto, valores iguais de consistência final não indicam massas com mesma consistência, esta comparação deve ser feita com o acompanhamento de todo o desenvolvimento da massa.

4.2.9 Rendimento e perda das massas de pão de queijo

Durante a fabricação do pão de queijo ocorre perda de água por evaporação e de alguns voláteis presentes no polvilho. Além disso, dependendo da consistência final da massa de pão de queijo, ela pode apresentar maior ou

menor aderência ou pegajosidade ao equipamento e aos utensílios utilizados na sua fabricação.

A Tabela 20 mostra que as percentagens do rendimento e, conseqüentemente, também da perda das massas de pão de queijo durante o processamento não apresentaram diferenças significativas em relação ao tipo de polvilho utilizado.

A variação do rendimento e da perda das massas de pão de queijo é dependente da formulação empregada, pois as formulações FC e SQ apresentaram rendimentos menores do que as formulações SL e SO. É interessante notar que as formulações FC e SQ também apresentaram menores valores de consistência final (item 4.2.), ou seja, apresentaram massas mais moles, possivelmente mais pegajosas e aderentes, mais sujeitas às perdas, portanto, menos rentáveis.

TABELA 20 Valores médios do rendimento¹ (%) e da perda¹(%) de massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho e das formulações.

Tipos de polvilho	Rendimento		Perda		Formulações	Rendimento		Perda	
	(%)		(%)			(%)		(%)	
PA	93,98	a	6,02	a	FC	94,28	b	5,72	a
PD	94,90	a	5,10	a	SL	96,19	a	3,81	b
PS	95,16	a	4,84	a	SO	95,77	a	4,23	b
PC	95,99	a	4,01	a	SQ	93,79	b	6,21	a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

As Tabelas 21 e 22 mostram o rendimento e as perdas das massas de pão de queijo dentro de cada tipo de polvilho, considerando-se as formulações utilizadas.

TABELA 21 Valores médios do rendimento¹ (%) de massas em função das formulações em cada tipo de polvilho.

Tipos de polvilho	Formulações			
	FC	SL	SO	SQ
PA	92,66 b	95,69 a	95,51 a	92,05 b
PD	94,33 b	97,35 a	95,56 a	92,36 b
PS	93,10 a	96,02 a	95,90 a	95,61 a
PC	97,01 a	95,72 a	96,09 a	95,14 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

TABELA 22 Valores médios da perda¹ (%) de massas em função das formulações em cada tipo de polvilho.

Tipos de polvilho	Formulações			
	FC	SL	SO	SQ
PA	7,34 a	4,31 b	4,49 b	7,95 a
PD	5,67 a	2,65 b	4,44 b	7,64 a
PS	6,90 a	3,98 a	4,10 a	4,39 a
PC	2,99 a	4,28 a	3,91 a	4,86 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Nas massas feitas com polvilho azedo e com polvilho doce ficou bem nítida a diferença de rendimento da massa apresentada pelas diferentes formulações, confirmando que menores perdas ocorreram em massas com formulações SL e SO. Já para os polvilhos PS e PC não houve diferença significativa entre as formulações.

4.3 Caracterização do pão de queijo

4.3.1 Umidade dos pães de queijo

O tipo de polvilho com o qual foram obtidos os pães de queijo, como fator isolado, não foi responsável por diferenças significativas ($P>0,05$) quanto à umidade destes mesmos pães de queijo (Tabela 6C). Mas as formulações e os tipos de massa tiveram efeitos significativos ($P<0,05$) sobre a umidade, conforme pode ser visto na Tabela 23.

TABELA 23 Valores médios de umidade¹ (%) de pães de queijo inteiros.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	25,38 a	FC	26,48 b	Não-congelada	24,49 b
PD	24,63 a	SL	28,08 a	Congelada	25,93 a
PS	25,70 a	SO	20,92 c		
PC	24,78 a	SQ	25,36 b		

¹Média seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Pães de queijo com formulações SL se apresentaram como os mais úmidos, seguidos de formulação FC e SQ e, logo depois, pelos de formulação SO, considerados os menos úmidos. As massas congeladas também propiciaram pães de queijo mais úmidos.

A interação “tipos de polvilho versus tipos de massa” resultou em diferenças de umidade significativas ($P<0,05$) entre as amostras de pães de queijo (Tabela 24), especialmente aqueles dos polvilhos PD e OS, apresentando valores de umidade maiores quando provenientes de massa congelada.

TABELA 24 Valores médios de umidade (%) de pães de queijo em função de massas não-congeladas e congeladas nos seguintes tipos de polvilho: azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC).

Formulações	Tipos de massa	
	Não-congelada	Congelada
PA	25,47 a	25,49 a
PD	22,94 b	26,32 a
PS	24,73 b	27,38 a
PC	24,80 a	24,76 a

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Pela Tabela 25 pode-se observar que os valores médios de umidade de das amostras de pão de queijo confirmam que os produtos obtidos apresentaram maior umidade com formulações FC e SL. Observa-se também que, mesmo não apresentando diferença significativa em alguns casos, os valores de umidade de formulações SQ foram maiores do que SO. As massas mais úmidas, relacionadas no item 4.2.1, originaram pães de queijo mais úmidos.

TABELA 25 Valores médios de umidade¹ (%), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	26,66 a	28,86 a	21,55 b	24,87 b
	PD	26,00 a	23,60 a	20,34 b	21,81 b
	PS	25,06 a	25,50 a	19,63 b	25,93 a
	PC	26,34 a	27,86 a	20,47 b	24,53 a
Congelada	PA	25,49 b	28,33 a	23,60 b	23,69 b
	PD	27,65 a	29,98 a	21,33 b	26,32 a
	PS	29,34 a	31,06 a	21,57 b	27,53 a
	PC	25,31 b	29,42 a	18,85 c	25,45 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

Romaniello Neto (2000), estudando a utilização de gordura de leite fracionada como ingrediente do pão de queijo produzido com polvilho azedo, encontrou um valor médio de umidade em suas amostras de 30,64%. Este valor está acima dos encontrados no presente trabalho. Contudo, estão mais próximos aos que Pizzinatto (2000) cita como valores médios de várias formulações estudadas por Pirozi e Canavesi (1998) de 23,5% e também por Pereira et al. (1999a), que relatam valores médios de 29,43% para amostras de pães de queijo assados, oriundos de massas congeladas, comercializados em Belo Horizonte. Jesus (1997) encontrou umidade média variando de 28,71% a 31,35% nos lotes por ele estudados.

4.3.2 Umidade do miolo dos pães de queijo

Quando a umidade do miolo dos pães de queijo foi analisada verificou-se que houve diferença significativa apenas em relação à formulação (Tabela 6C). Amostras com maior quantidade de líquidos na formulação apresentaram miolos mais úmidos (Tabela 26).

TABELA 26 Valores médios da umidade do miolo¹ (%) de pães de queijo em função das formulações FC, SL, SO e SQ.

Formulações	Umidade do miolo (%)
FC	35,1894 b
SL	38,3297 a
SO	32,5328 c
SQ	35,4583 b

¹Média seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Mesmo a interação das variáveis não sendo significativa (Tabela 6C), o desdobramento destas variáveis é apresentada na Tabela 27 para que fique mais detalhado o comportamento dos tratamentos. Observando-se cada resultado da Tabela 27, onde a interação dos três fatores foi significativa, temos que para todos os tipos de polvilho, os pães de massa não-congelada e de massa congelada apresentaram um miolo mais úmido para as formulações SL e depois FC ou SQ. A menor umidade ficou com as formulações SO.

TABELA 27 Valores médios de umidade do miolo¹ (%), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	35,34 b	39,03 a	32,61 b	35,86 b
	PD	35,18 a	38,41 a	32,04 b	37,33 a
	PS	34,34 b	38,29 a	32,31 b	36,58 a
	PC	34,99 a	38,78 a	31,80 b	36,03 a
Congelada	PA	34,94 a	39,16 a	31,56 b	36,51 a
	PD	36,48 a	36,97 a	31,95 b	35,85 a
	PS	35,96 a	38,65 a	31,96 b	34,02 b
	PC	34,28 a	37,34 a	36,04 a	31,48 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.3.3 Cinza dos pães de queijo

Das variáveis estudadas neste experimento, apenas a formulação dos pães mostrou um efeito significativo sobre o conteúdo de cinza (Tabela 6C).

As formulações FC e SL foram as com maiores conteúdos de cinza, justamente por conterem ovo e queijo, grandes contribuintes de minerais das fórmulas. O queijo ainda é mais rico em minerais, haja vista o valor inferior de cinza apresentado pelos pães de queijo de formulações SQ, as quais não contêm este ingrediente (Tabelas 28 e 29).

ênfatizando novamente estes ingredientes como importantes fontes de proteína às formulações, bem como a ordem desta contribuição.

Os tipos de massa parecem ter influenciado o conteúdo protéico dos pães de queijo, uma vez que aqueles provenientes de massas congeladas apresentaram valores maiores de proteína do que os de massas não-congeladas (Tabela 30).

TABELA 30 Valores médios de proteína¹ (% b.s.) de pães de queijo, em função tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	9,10 b	FC	12,05 a	Não-congelada	8,85 b
PD	8,79 c	SL	10,55 b	Congelada	9,40 a
PS	9,12 b	SO	9,16 c		
PC	9,48 a	SQ	4,74 d		

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

A interação entre os tipos de polvilho e as formulações apresentou diferenças significativas quanto ao conteúdo protéico dos pães de queijo assados (Tabela 31).

TABELA 31 Valores médios de proteína¹ (% b.s.) de pães de queijo em função dos tipos de polvilho e das formulações.

Formulações	Tipos de polvilho			
	PA	PD	PS	PC
FC	11,61 a	12,47 a	11,87 a	12,24 a
SL	10,52 b	9,46 b	10,89 b	11,35 b
SO	9,81 b	8,73 c	8,85 c	9,24 c
SQ	4,46 c	4,51 d	4,87 d	5,11 d

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre-se si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os pães de queijo obtidos com todos os tipos de polvilho apresentaram maior valor protéico com formulação completa, seguidos pela formulação sem leite, sem ovo e sem queijo, comprovando, que de todos os ingredientes, o queijo é o que mais oferece proteína ao produto.

Os dados de proteína para cada grupo de amostras de pão de queijo se encontram na Tabela 32.

TABELA 32 Valores médios de proteína¹ (%), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	11,56 a	10,77 a	9,64 b	4,78 c
	PD	12,57 a	9,28 b	9,07 b	4,54 c
	PS	10,50 a	9,63 a	7,75 b	4,60 c
	PC	12,01 a	10,72 b	9,00 c	5,11 d
Congelada	PA	11,66 a	10,27 b	9,98 b	4,15 c
	PD	12,37 a	9,63 b	8,40 c	4,49 d
	PS	13,24 a	12,14 b	9,95 c	5,14 d
	PC	12,46 a	11,98 a	9,49 b	5,11 d

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

Para o pão de queijo assado elaborado com gordura fracionada, Romaniello Neto (2000) encontrou valores médios de proteína de 5,78% e Pereira et al. (1999a) encontraram uma média de 5,58% para as amostras comercializadas em massas congeladas em Belo Horizonte. Estes valores foram inferiores aos das formulações FC, SL e SO, sendo, portanto, superiores apenas aos das amostras de SQ. As formulações FC mostraram-se com valores protéicos próximos aos encontrados por Jesus (1997), que encontrou valores oscilando entre 11,00% a 15,69%. Os pães com formulações SO se aproximam do valor protéico de 9,1% citado por Pizzinatto (2000), segundo informações obtidas de Pirozzi e Canavesi (1998). Pães com formulações SL apresentaram resultados intermediários aos de FC e SO. Como a proteína provém do leite, ovo

e do queijo usados nas formulações e uma vez que estes mesmos ingredientes são muito variáveis de formulação para formulação, é perfeitamente normal encontrar índices tão diferentes.

4.3.5 Extrato etéreo dos pães de queijo

A fração de componentes extraída pelo éter nas amostras de pão de queijo apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) dependendo dos tipos de polvilho, das formulações e se os pães foram obtidos de massas não-congeladas ou congeladas (Tabela 33). A interação das três variáveis causou diferenças significativas nos resultados de extrato etéreo das amostras (Tabela 7C).

Os dados da Tabela 33 mostram que os pães de queijo obtidos de polvilho azedo apresentaram um conteúdo lipídico menor em relação aos outros tipos de polvilho. A ausência do ovo nas formulações fez com que os valores de extrato etéreo se apresentassem menor, enquanto os pães de massas não-congeladas apresentaram menor teor de lipídios do que os de massa congelada.

TABELA 33 Valores médios de extrato etéreo¹ (% b.s.) de pães de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	14,93 b	FC	19,14 a	Não-congelada	14,91 b
PD	16,14 a	SL	15,33 b	Congelada	16,26 a
PS	15,55 a	SO	13,24 d		
PC	15,70 a	SQ	14,62 c		

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

TABELA 28 Valores médios cinza (% b.s.) de pães de queijo em função das formulações FC, SL, SO e SQ.

Formulações	Cinza (% b.s.)
FC	4,19 a
SL	4,21 a
SO	3,89 b
SQ	3,14 c

¹Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Romaniello Neto (2000) encontrou uma média de 6,09% de cinza em suas amostras, enquanto Pereira et al. (1999a) citam valores de 2,80% de cinzas e Jesus (1997) encontrou valores médios nos lotes de pães de queijo estudados de 4,06% a 4,27%. Como se pode notar, os valores encontrados por estes autores são muito variáveis, mas isto se justifica pelo fato de o queijo ser o maior responsável pelo conteúdo em minerais no pão de queijo. Como cada formulação é composta por um queijo diferente e como cada queijo também tem sua composição diferenciada, conseqüentemente cada produto terá um percentual diferente de cinza. Além disso, a quantidade de queijo usada também foi variável.

TABELA 29 Valores médios de cinza¹ (% b.s.), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	4,08 a	4,16 a	3,90 a	2,98 b
	PD	4,16 a	3,87 a	3,84 a	2,90 b
	PS	4,11 a	4,02 a	3,89 a	3,69 a
	PC	4,18 a	4,64 a	3,83 b	3,48 b
Congelada	PA	4,18 a	4,20 a	3,99 a	2,87 b
	PD	4,29 a	4,24 a	3,95 a	3,06 b
	PS	4,46 a	4,43 a	3,98 a	3,20 b
	PC	4,05 a	4,15 a	3,77 a	2,97 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.3.4 Proteína dos pães de queijo

Os tipos de polvilho, as formulações e os tipos de massa utilizados mostraram-se como diferenciadores no conteúdo de proteína dos pães de queijo de massas não-congeladas e congeladas (Tabela 6C).

Pela Tabela 30 nota-se que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre pães de queijo obtidos dos vários tipos de polvilho e, ainda, que estes valores são bem próximos, podendo ter recebido letras diferentes devido à maior precisão do teste estatístico adotado.

Pães de queijo obtidos de formulações completas (FC) se mostraram mais ricos em proteína do que os demais, o que já era esperado. A ausência do leite, do ovo e do queijo foi bastante notada pelos resultados apresentados,

A Tabela 34 mostra que houve uma tendência dos pães de queijo com formulação completa obtidos de massa não-congelada e congelada e feitos com os diferentes tipos de polvilho, em apresentar o maior valor de lipídios. Em quase todos os casos, as amostras com formulação sem ovo apresentaram os menores conteúdos.

Comparando-se os resultados da Tabela 34 é possível observar que a maioria das amostras de pão de queijo de massas não-congelada e congelada com formulações FC apresentaram valores maiores do que 17,46% encontrado por Romaniello Neto (2000). Estes valores, porém, foram inferiores aos 22,7% de lipídios encontrados por Pirozzi e Canavesi (1998), citados por Pizzinatto (2000) e aos valores de 21,25% a 26,45% encontrados por Jesus (1997). Pereira et al. (1999a), entretanto, encontraram um valor médio de 16,01%, o qual também é próximo ao detectado em várias amostras de formulações SL e SQ obtidas a partir de massas congeladas.

Vale salientar também que, assim como proteína, o extrato etéreo é altamente influenciado pelo tipo e pela quantidade de leite, queijo e ovos de uma formulação e que formulações de pão de queijo permitem uma enorme variação nestes ingredientes.

TABELA 32 Valores médios de extrato etéreo¹ (%), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	18,03 a	14,35 b	12,15 c	12,46 c
	PD	18,95 a	15,89 b	13,24 c	14,04 c
	PS	15,95 a	15,45 a	12,79 b	14,05 b
	PC	19,02 a	14,57 b	14,01 b	13,54 b
Congelada	PA	18,15 a	15,11 b	13,43 c	15,80 b
	PD	21,34 a	15,70 b	14,76 b	15,20 b
	PS	21,23 a	15,23 c	12,91 d	16,81 b
	PC	20,46 a	16,32 b	12,62 c	15,04 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.3.6 pH dos pães de queijo

As variáveis tipos de polvilho, formulações e tipos de massa consideradas isoladas e em conjunto foram responsáveis pela diferença estatística entre os pHs das amostras de pão de queijo, conforme mostram as Tabelas 36 e 6C.

Pães de queijo obtidos de PD foram os que apresentaram maiores valores de pH, seguidos dos fabricados com PC, depois os de PS e finalmente os fabricados com polvilho PA, como era de se esperar. Os pães oriundos de FC e SL apresentaram um pH maior em relação aos demais; os resultados encontrados pelos pães com formulações SO tiveram pH mais baixos.

TABELA 36 Valores médios de pH¹ de pães de queijo em função tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipo de massa	
PA	5,46 d	FC	5,90 a	Não-congelada	5,79 a
PD	6,12 a	SL	5,85 a	Congelada	5,73 b
PS	5,69 c	SO	5,70 b		
PC	5,77 b	SQ	5,59 c		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knot (5%).

A Tabela 37 fornece os valores de pH médio de todas as amostras. Os pães de queijo obtidos neste trabalho podem ser caracterizados como um produto que tem o pH variando de 4 a 6, dependendo grandemente dos tipos de polvilho, das formulações e se houve ou não congelamento da massa.

TABELA 37 Valores médios de pH¹, em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	5,82 a	5,70 b	4,84 c	5,60 b
	PD	6,18 a	6,14 a	6,07 a	6,28 a
	PS	5,98 a	5,87 a	5,73 b	5,27 c
	PC	5,78 a	5,87 a	5,84 a	5,63 b
Congelada	PA	5,63 a	5,57 a	5,59 a	4,91 b
	PD	6,10 a	6,02 a	6,03 a	6,12 a
	PS	5,83 a	5,76 a	5,73 a	5,33 b
	PC	5,85 a	5,84 a	5,78 a	5,58 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.3.7 Acidez titulável dos pães de queijo

A acidez titulável nos pães de queijo foi influenciada pelos tipos de polvilho, pelas formulações e pelos tipos de massa da qual estes pães foram obtidos. Estas variáveis tiveram um efeito isolado e também quando em interação uma com a outra (Tabela 6C).

Pela Tabela 38 verifica-se que amostras de PA foram as que se apresentaram mais ácidas, seguidas pelas amostras feitas com PS, PC e, por último, PD. As formulações contendo todos os ingredientes (FC) e as formulações sem ovo (SO) obtiveram níveis de acidez titulável semelhantes e mais elevados do que os pães com formulações sem leite (SL) e do que as sem queijo (SQ). Um fator de acidez menor nas amostras SQ demonstra que o queijo tem grande influência na acidez dos pães de queijo. A maior acidez nos pães de

massa não-congelada pode ser decorrente de reações que na massa congelada foram inibidas.

TABELA 38 Valores médios de acidez titulável¹ (meq/100g, b.s.) de pães de queijo em função tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	7,57 a	FC	7,61 a	Não-congelada	6,68 a
PD	5,19 d	SL	6,65 b	Congelada	6,26 b
70	6,92 b	SO	7,38 a		
50	6,20 c	SQ	4,25 c		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

A Tabela 39 apresenta os valores médios de acidez titulável encontrados para todas as amostras, mostrando o comportamento de cada formulação em relação a determinado tipo de polvilho. Este comportamento foi bem diferenciado para cada grupo de amostras, devido à interação existente entre as variáveis.

TABELA 39 Valores médios de acidez titulável¹ (%), em função das diferentes formulações, em pães de queijo provenientes de massas não congeladas e congeladas, obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações			
		FC	SL	SO	SQ
Não-congelada	PA	9,72 a	8,95 b	4,77 c	8,94 b
	PD	6,04 b	5,37 b	8,22 a	2,35 c
	PS	8,66 a	7,02 b	7,65 b	4,47 c
	PC	7,43 a	6,50 a	6,87 a	3,95 b
Congelada	PA	8,28 a	6,83 b	8,43 a	4,63 c
	PD	5,86 b	5,01 c	6,65 a	2,07 d
	PS	8,01 a	6,93 b	8,52 a	4,10 c
	PC	6,88 b	6,58 b	7,92 c	3,51 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Scott Knott (5%).

4.4 Caracterização física dos pães de queijo

Nesta seção serão apresentados os valores de densidade, volume específico, índice de expansão, espessura da casca e espessura do fundo, diâmetro e área dos pães de queijo assados.

4.4.1 Densidade dos pães de queijo

O que mais influenciou as diferenças entre os valores de densidade dos pães de queijo foi a interação entre as formulações e os tipos de massa utilizados (Tabela 8C).

Os dados apresentados na Tabela 40 mostram que os pães de queijo produzidos de massas não-congeladas e com as formulações FC e SQ se

apresentaram menos densos, mais leves. Os pães de queijo produzidos com massas congeladas e que apresentaram menor densidade foram os de formulação SQ. A formulação SO forneceu massas difíceis de serem moldadas, pois eram muito secas, compactas e esfarentas e produziram pães de queijo mais pesados, com maior densidade e também mais duros independente de serem produzidos com massa não-congelada ou com massa congelada. A falta do ovo comprometeu bastante os pães de queijo, não possibilitando a obtenção de um produto com densidade apropriada, mais leve, como é desejável em pães de queijo.

TABELA 40 Valores médios de densidade¹ (g/cm³) de pães de queijo, em função de massas não-congeladas congeladas nas diferentes formulações.

Formulações	Tipos de massa	
	Não-congelada	Congelada
FC	0,31 a	0,44 b
SL	0,37 b	0,44 b
SO	0,69 c	0,63 c
SQ	0,31 a	0,33 a

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.4.2 Volume específico dos pães de queijo

Os maiores valores de volume específico foram alcançados com pães de queijo SQ e também com pães de formulação FC na massa não-congelada (Tabela 41). Mais uma vez, a ausência do ovo resultou num produto de baixo volume específico.

TABELA 41 Valores médios de volume específico¹ (cm³/g) de pães de queijo, em função de massas não-congeladas e congelada nas diferentes formulações.

Formulações	Tipos de massa	
	Não-congelada	Congelada
FC	3,31 a	2,37 b
SL	2,94 b	2,35 b
SO	1,46 c	1,59 c
SQ	3,48 a	3,06 a

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.4.3 Índice de expansão dos pães de queijo

De acordo com os dados da Tabela 42, apenas o índice de expansão da formulação SO diferiu estatisticamente das demais formulações. As formulações estudadas, exceto as formulações sem ovo (SO), apresentaram índice de expansão semelhantes entre si e elevados.

TABELA 42 Valores médios de índice de expansão¹ de pães de queijo em função das formulações.

Formulações	Índice de expansão
FC	1,39 a
SL	1,43 a
SO	1,19 b
SQ	1,45 a

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott, (5%).

As Figuras 12 e 13 mostram fotografias que ilustram as diferenças observadas entre pães de queijo obtidos nos vários experimentos.

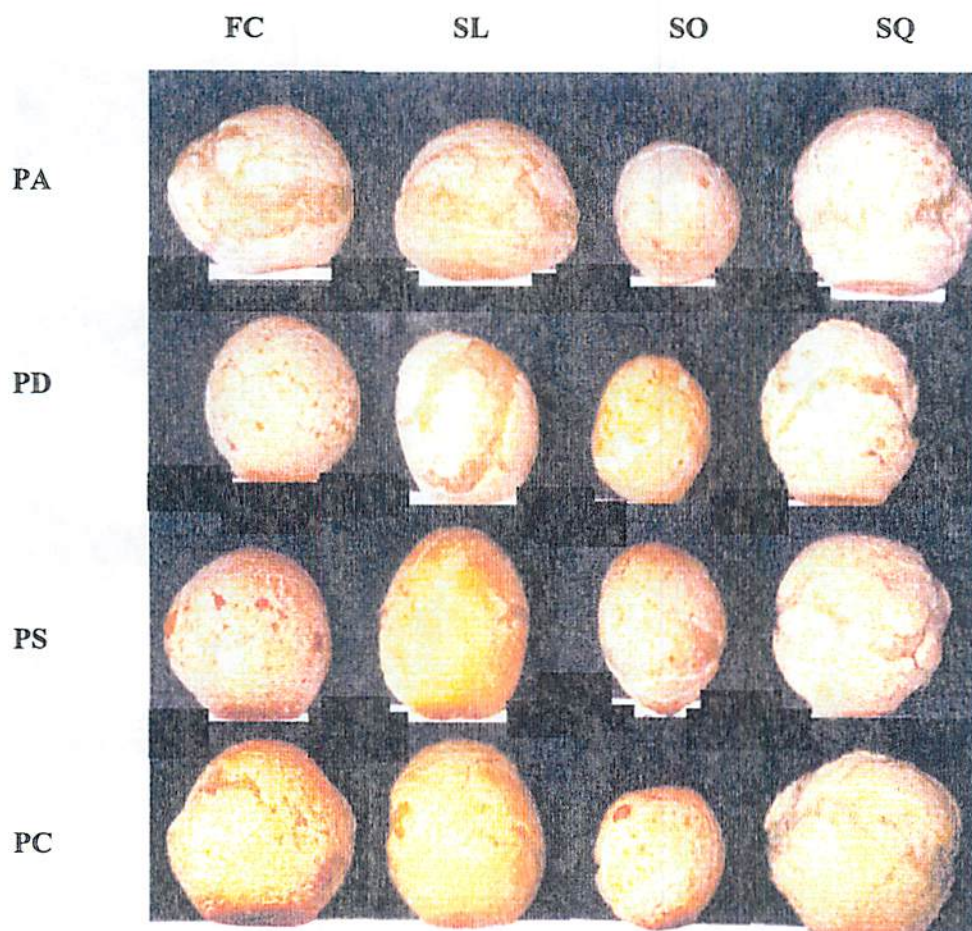


FIGURA 12 Pães de queijo obtidos de massa não-congelada; de polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC) e; de formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ): PAFC, PASL, PASO e PASQ; PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ; PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ; e PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ.

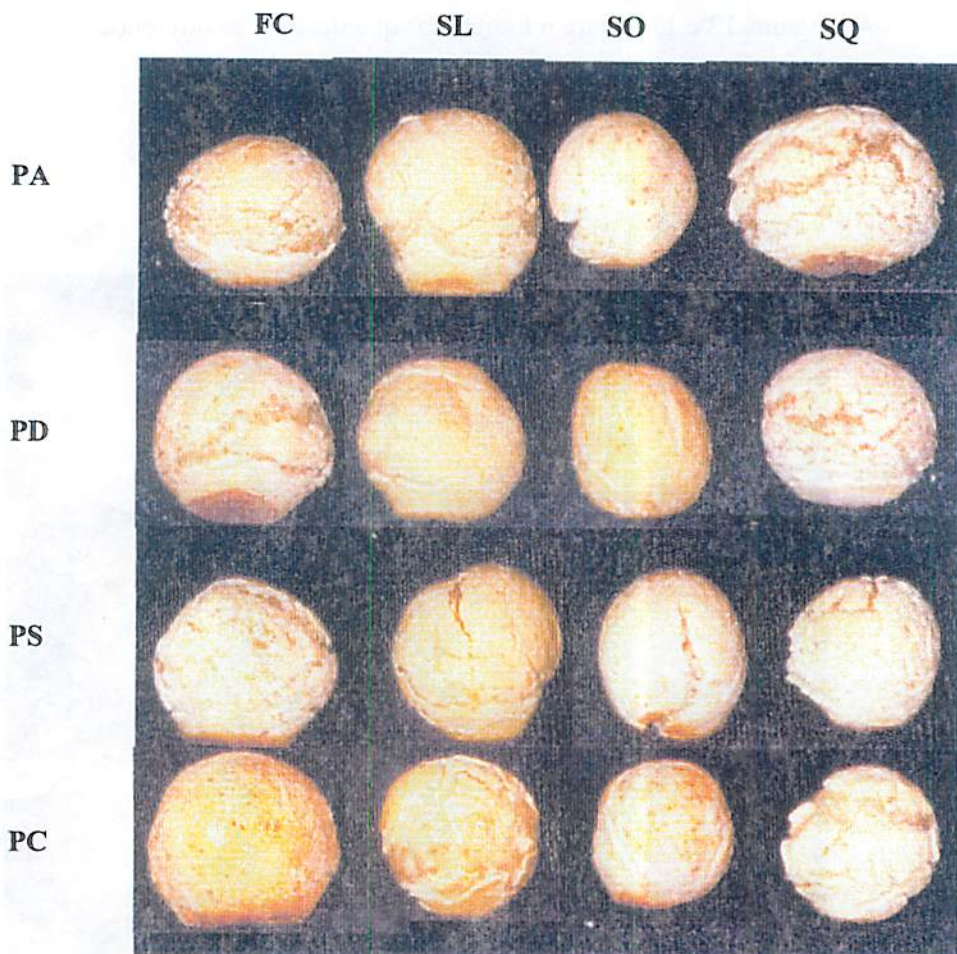


FIGURA 13 Pães de queijo obtidos de massa congelada; de polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC) e; de formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ): PAFC, PASL, PASO e PASQ; PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ; PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ; e PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ.

4.4.4 Espessura da casca e do fundo dos pães de queijo

As medidas da espessura das cascas laterais, da casca superior e também da casca do fundo dos pães de queijo estão na Tabela 43. Nenhum dos fatores, seja tipos de polvilho, formulações ou tipos de massa, de forma isolada ou em interações entre si, demonstrou diferenças significativas em relação a esta variável.

TABELA 43 Valores médios da espessura¹ (cm) da casca e do fundo, em função das diferentes formulações, em pães de queijo obtidos com diferentes tipos de polvilho.

Tipos de polvilho	Formulações	Tipos de massa			
		Não-congelada		Congelada	
		Casca	Fundo	Casca	Fundo
PA	FC	0,095	0,134	0,109	0,180
	SL	0,130	0,256	0,095	0,136
	SO	0,128	0,139	0,181	0,315
	SQ	0,161	0,143	0,141	0,226
PD	FC	0,118	0,189	0,096	0,107
	SL	0,078	0,115	0,110	0,106
	SO	0,171	0,172	0,162	0,127
	SQ	0,135	0,205	0,120	0,140
PS	FC	0,094	0,158	0,103	0,248
	SL	0,081	0,168	0,193	0,397
	SO	0,104	0,240	0,111	0,260
	SQ	0,158	0,133	0,083	0,120
PC	FC	0,066	0,124	0,156	0,149
	SL	0,101	0,153	0,115	0,179
	SO	0,125	0,129	0,162	0,168
	SQ	0,090	0,182	0,144	0,164

¹Média de 36 observações.

4.4.5 Diâmetro dos pães de queijo

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os diâmetros dos pães de queijo dentro da mesma formulação, considerando os diferentes tipos de polvilho. A diferença maior foi em relação às formulações para o mesmo polvilho (Tabela 44). O menor diâmetro foi verificado para a formulação SO em todos os tipos de polvilho, ressaltando mais uma vez a importância do ovo, não só na plasticidade da massa, mas, possivelmente, proporcionando uma estrutura para a massa reter os gases evaporados no forneamento.

TABELA 44 Valores médios do diâmetro¹ (cm) de pães de queijo, em função das formulações nos diferentes tipos de polvilho.

Formulações	Tipos de polvilho			
	PA	PD	PS	PC
FC	4,268 a	4,340 a	4,150 b	4,488 a
SL	4,292 a	4,125 b	4,134 b	4,195 a
SO	3,528 b	3,538 c	3,567 c	3,418 b
SQ	4,098 a	4,517 a	4,640 a	4,390 a

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os pães de queijo produzidos sem queijo (SQ) provêm de uma massa bastante mole, sem estrutura e o formato arredondado obtido quando eles são moldados não é mantido por muito tempo, havendo uma ligeira tendência ao achatamento até estes pães serem assados. Uma outra teoria para um diâmetro maior apresentado por estes pães sem queijo é que, durante o forneamento, a falta de queijo deixa as paredes formadas pelas células do miolo muito frágeis.

Elas acabam se rompendo e não conseguem prender os vapores formados e expandir, ficando com o diâmetro um pouco maior e com menor altura.

Estas mesmas observações se estenderam para o diâmetro dos pães de queijo das diversas formulações nas massas não-congeladas e nas congeladas (Tabela 45).

TABELA 45 Valores médios do diâmetro¹ (cm) de pães de queijo, em função das formulações nos diferentes tipos de massa.

Formulações	Tipos de massa	
	Não-congelada	Congelada
FC	4,541 a	4,083 b
SL	4,306 b	4,067 b
SO	3,396 c	3,630 c
SQ	4,473 a	4,349 a

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.4.6. Área dos pães de queijo

Os pães de queijo foram partidos longitudinalmente, sendo divididos em duas metades e tiveram determinada a área do círculo formado. As formulações e os tipos de massa como fatores isolados propiciaram diferenças significativas nas amostras, como pode ser visto na Tabela 46. Os pães de queijo sem ovo na formulação apresentaram uma área menor do que os pães fabricados com as outras formulações e os de massa congelada também apresentaram menor área do que os de massa não-congelada.

TABELA 46 Valores médios de área¹ (cm²) de pães de queijo, em função das formulações e em função dos tipos de massa.

Formulações		Tipos de massa	
FC	136,498 a	Não-congelada	134,317 a
SL	140,708 a	Congelada	106,560 b
SO	78,991 b		
SQ	125,557 a		

¹Médias seguidos por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.4.7 Espaço entre o miolo e a casca dos pães de queijo

Alguns pães de queijo apresentaram um ou mais espaços entre o miolo e a casca, formando um espaço vazio. As dimensões destes espaços variaram bastante, assim como os formatos, mas estes, na maioria das vezes, se apresentaram como um retângulo. Quase todos os espaços se localizaram na parte inferior dos pães de queijo e ocorreram principalmente nos pães de polvilho PS, com formulação SQ (Tabela 47).

Apesar dos pães com formulação SO apresentarem as células do miolo de tamanhos menores, alguns deles apresentaram espaço entre o miolo e a casca que pode ter sido devido à massa esfarelenta e dura, que propiciou espaços vazios no interior da massa moldada.

TABELA 47 Número de ocorrências e áreas¹ (cm²) dos espaços entre o miolo e a casca dos pães de queijo obtidos de massas não-congeladas e congeladas, em função dos tipos de polvilho e das formulações.

Tipos de polvilho	Formulações	Massa não-congelada		Massa congelada	
		n ^o ocorrências	Áreas (cm ²)	n ^o ocorrências	Áreas (cm ²)
PA	FC	2	1,950-2,680	0	-
	SL	3	4,395-5,396	2	1,627-3,278
	SO	1	0,233	0	-
	SQ	1	1,403	0	-
PD	FC	4	3,375-5,168	0	-
	SL	0	-	0	-
	SO	0	-	0	-
	SQ	3	3,195-8,462	5	1,364-7,069
PS	FC	3	3,020-4,712	3	1,978-7,069
	SL	0	-	0	-
	SO	0	-	0	-
	SQ	7	0,560-5,055	4	0,651-4,064
PC	FC	1	4,723	0	-
	SL	0	-	0	-
	SO	3	3,448-5,817	0	-
	SQ	3	2,001-2,440	1	5,006

¹Foram observados nove pães de queijo por amostra.

4.4.8 Tamanho das células do miolo dos pães de queijo

A Tabelas 48, 49, 50 e 51 apresentam as células do miolo dos pães de queijo classificadas pelo diâmetro e a ocorrência das células em cada categoria expressa como a percentagem da área ocupada em relação à área do pão de queijo. Os miolos dos pães de queijo apresentaram-se bastante variáveis quanto ao número e tamanho de suas células. As variações ocorreram principalmente devido à formulação.

De forma geral, os miolos dos pães de queijo de formulação FC, SL e SQ apresentaram maiores áreas com células do que os de formulação SO, sendo que as células de FC e SL foram mais numerosas e menores enquanto que as de SQ foram menos numerosas e maiores.

Para se ter uma idéia das dimensões e distribuição das células do miolo, os pães de queijo foram cortados longitudinalmente e uma das suas partes teve todas as células da sua superfície medidas, pelo menos as que apresentaram diâmetro igual ou superior a 0,01 cm.

As Figuras 14 e 15 também dão uma boa idéia do interior dos pães de queijo, mostrando as células de seus miolos.

TABELA 48 Valores médios da área ocupada pelas células do miolo em relação à área dos pães de queijo¹ (%) fabricados de massa não-congelada e de massa congelada, das formulações PAFC, PASL, PASO e PASQ.

Área ocupada pelas células do miolo em relação à área do pão de queijo (%)								
Tamanho das células (cm)	Massa não-congelada				Massa congelada			
	PAFC	PASL	PASO	PASQ	PAFC	PASL	PASO	PASQ
0,01 - 0,09	-	-	0,01	0,23	-	-	0,03	0,09
0,10 - 0,19	0,24	0,18	0,49	0,63	0,36	0,38	1,72	1,22
0,20 - 0,29	1,75	0,88	2,22	1,89	2,35	1,35	3,24	3,14
0,30 - 0,39	2,79	2,71	2,92	1,55	4,37	2,86	3,89	2,64
0,40 - 0,49	5,09	3,74	2,75	1,59	4,70	5,21	4,47	4,62
0,50 - 0,59	3,40	5,19	2,42	2,87	4,52	3,65	1,46	4,17
0,60 - 0,69	5,32	6,50	2,34	5,90	5,07	1,94	0,44	3,14
0,70 - 0,79	5,12	5,55	1,84	4,92	5,10	2,99	0,59	5,78
0,80 - 0,89	6,36	4,28	0,73	1,94	5,58	3,32	1,43	3,68
0,90 - 0,99	2,72	4,81	4,00	1,7	4,72	2,04	1,13	6,26
1,00 - 1,09	2,57	0,94	-	2,04	1,18	2,45	1,38	2,18
1,10 - 1,19	1,96	0,93	-	-	3,78	3,01	-	2,58
1,20 - 1,29	-	-	-	1,75	1,22	2,36	-	-
1,30 - 1,39	1,38	2,83	-	-	-	-	-	-
1,40 - 1,49	-	-	-	9,88	4,37	-	-	9,96
1,50 - 1,99	9,40	-	-	-	2,39	-	-	0
2,00 - 2,49	3,74	3,56	-	-	-	-	-	0
2,50 - 2,99	-	-	-	-	-	-	-	0
3,00 - 4,00	-	-	-	-	-	-	-	14,92
Total	51,84	42,07	19,71	36,89	49,72	31,56	19,78	64,39

¹Média de nove observações.

TABELA 49 Valores médios da área ocupada pelas células do miolo em relação à área dos pães de queijo¹ (%) fabricados de massa não-congelada e de massa congelada, das formulações PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ.

Área ocupada pelas células do miolo em relação à área do pão de queijo (%)								
Tamanho das células (cm)	Massa não-congelada				Massa congelada			
	PDFC	PDSL	PDSO	PDSQ	PDFC	PDSL	PDSO	PDSQ
0,01 - 0,09	-	-	0,01	-	-	0,02	0,01	0,01
0,10 - 0,19	0,13	0,30	0,70	0,05	0,39	0,58	0,40	0,12
0,20 - 0,29	0,67	1,59	1,70	0,66	2,60	2,51	2,40	0,84
0,30 - 0,39	2,41	2,75	2,63	1,81	4,17	4,63	3,87	3,10
0,40 - 0,49	2,44	4,10	1,98	1,77	3,69	5,28	2,75	2,28
0,50 - 0,59	3,70	5,225	2,25	4,43	5,22	3,84	1,03	5,53
0,60 - 0,69	5,20	2,93	1,06	3,05	3,73	4,34	1,88	3,34
0,70 - 0,79	6,43	2,41	0,69	5,63	4,24	4,66	0,64	3,59
0,80 - 0,89	0,59	3,71	-	3,80	5,69	1,94	1,63	8,01
0,90 - 0,99	2,97	1,58	-	2,30	4,57	2,62	1,04	3,80
1,00 - 1,09	3,59	-	-	2,39	2,69	2,03	2,48	3,04
1,10 - 1,19	4,25	2,31	3,31	1,19	1,25	1,31	1,46	1,44
1,20 - 1,29	2,48	1,24	-	3,61	-	-	-	2,94
1,30 - 1,39	1,41	-	-	-	1,69	-	-	-
1,40 - 1,49	1,79	-	-	4,86	1,64	2,09	-	3,96
1,50 - 1,99	2,338	5,35	-	16,90	11,39	-	-	8,21
2,00 - 2,49	8,04	-	-	11,69	-	-	-	-
2,50 - 2,99	6,45	-	-	11,60	-	-	-	-
3,00 - 4,00	-	-	-	0	-	-	-	-
Total	54,93	33,52	14,31	75,74	53,26	-35,85	19,59	50,20

¹Média de nove observações.

TABELA 50 Valores médios da área ocupada pelas células do miolo em relação à área dos pães de queijo¹ (%) fabricados de massa não-congelada e de massa congelada, das formulações PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ.

Área ocupada pelas células do miolo em relação à área do pão de queijo (%)								
Tamanho das células (cm)	Massa não-congelada				Massa congelada			
	PSFC	PSSL	PSSO	PSSQ	PSFC	PSSL	PSSO	PSSQ
0,01 - 0,09	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-
0,10 - 0,19	0,15	0,23	0,46	0,24	0,68	0,51	1,09	0,19
0,20 - 0,29	2,15	1,79	2,01	0,89	2,16	2,25	2,33	1,18
0,30 - 0,39	4,37	3,67	2,80	2,04	6,07	2,96	2,56	1,79
0,40 - 0,49	5,33	4,56	3,10	1,74	4,38	2,19	3,18	3,01
0,50 - 0,59	6,02	4,82	3,10	2,29	3,30	2,03	1,58	4,11
0,60 - 0,69	3,94	3,91	1,23	3,48	2,03	3,29	3,22	1,41
0,70 - 0,79	4,93	5,68	1,79	3,48	5,24	3,40	-	1,95
0,80 - 0,89	1,82	2,12	0,70	5,62	1,17	0,61	0,84	1,67
0,90 - 0,99	2,36	2,67	0,94	4,36	0,77	0,76	-	5,68
1,00 - 1,09	1,14	1,71	2,28	9,53	0,94	2,86	1,35	1,84
1,10 - 1,19	3,10	1,02	-	-	1,13	-	-	2,89
1,20 - 1,29	2,48	1,08	-	5,47	-	1,49	-	1,40
1,30 - 1,39	-	1,41	2,02	5,06	-	-	-	1,41
1,40 - 1,49	-	1,63	-	2,87	-	-	-	-
1,50 - 1,99	-	4,30	-	1,96	3,16	-	-	2,75
2,00 - 2,49	-	-	-	6,91	-	-	-	-
2,50 - 2,99	-	-	-	-	-	-	-	5,87
3,00 - 4,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	37,79	40,59	20,44	55,93	31,03	22,35	16,17	37,16

¹Média de nove observações.

TABELA 51 Valores médios da área ocupada pelas células do miolo em relação à área dos pães de queijo¹ (%) fabricados de massa não-congelada e de massa congelada, das formulações PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ.

Área ocupada pelas células do miolo em relação à área do pão de queijo (%)								
Tamanho das células (cm)	Massa não-congelada				Massa congelada			
	PCFC	PCSL	PCSO	PCSQ	PCFC	PCSL	PCSO	PCSQ
0,01 - 0,09	-	0,02	-	-	-	0,03	0,02	0,01
0,10 - 0,19	0,15	0,38	0,49	-	0,27	0,17	0,76	0,38
0,20 - 0,29	1,08	2,81	2,45	0,79	1,72	2,06	1,17	1,75
0,30 - 0,39	2,80	3,36	3,11	0,78	2,39	1,56	1,80	1,94
0,40 - 0,49	3,83	4,22	2,13	2,46	4,67	3,60	2,55	2,34
0,50 - 0,59	4,63	6,13	2,45	3,27	4,51	5,38	1,18	2,80
0,60 - 0,69	5,67	4,92	1,47	4,00	3,85	6,44	3,76	2,23
0,70 - 0,79	1,68	3,27	2,68	3,79	4,14	1,43	3,54	2,97
0,80 - 0,89	6,52	3,02	2,45	2,97	2,97	-	1,85	1,67
0,90 - 0,99	5,01	1,45	2,04	4,84	6,57	-	2,21	1,38
1,00 - 1,09	4,38	3,69	-	5,37	1,75	-	1,35	1,56
1,10 - 1,19	1,06	-	1,60	3,02	3,18	-	-	1,19
1,20 - 1,29	2,32	-	-	2,35	2,54	-	3,73	1,00
1,30 - 1,39	1,29	-	-	9,47	-	-	2,23	3,05
1,40 - 1,49	3,12	-	-	3,54	1,79	-	-	-
1,50 - 1,99	7,00	-	-	25,20	-	-	-	-
2,00 - 2,49	4,05	-	-	-	-	-	-	-
2,50 - 2,99	-	-	-	6,96	6,45	-	-	-
3,00 - 4,00	-	-	-	7,94	-	-	-	-
Total	54,60	33,27	20,87	86,76	46,80	20,66	26,13	24,25

¹Média de nove observações.

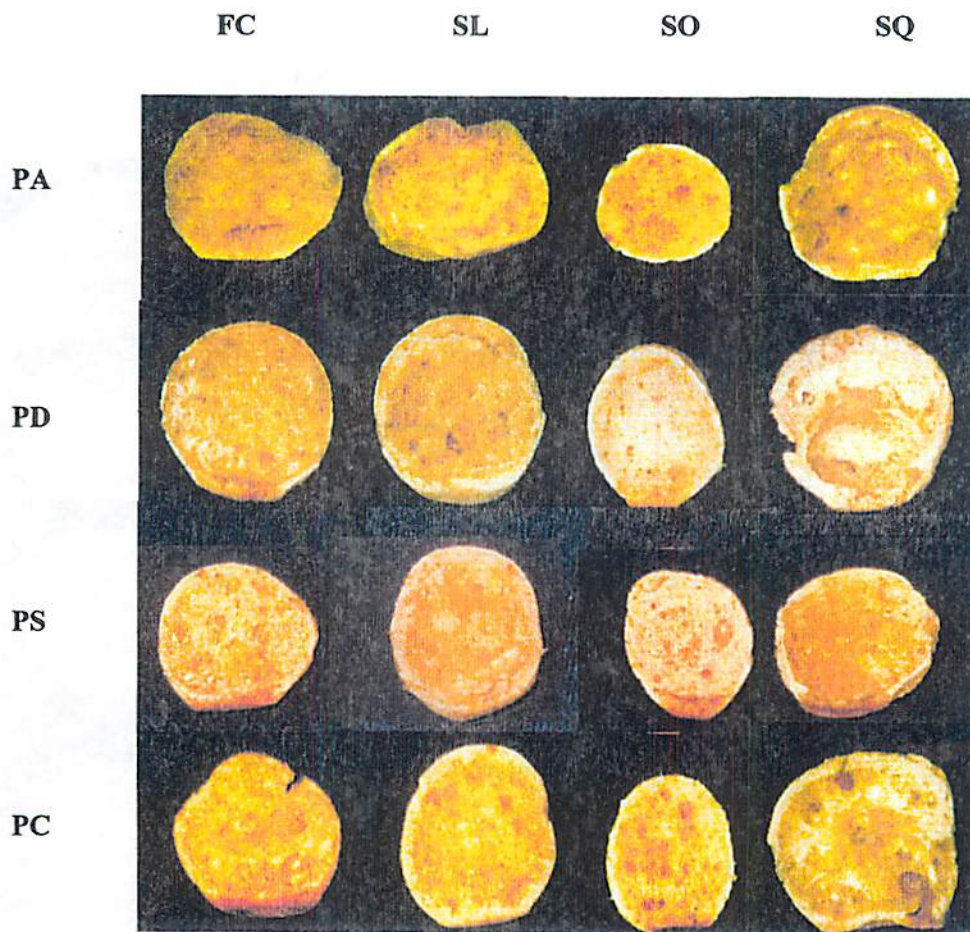


FIGURA 14 Células do miolo de pães de queijo obtidos de massa não-congelada; de polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC) e; de formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ): PAFC, PASL, PASO e PASQ; PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ; PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ; e PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ.

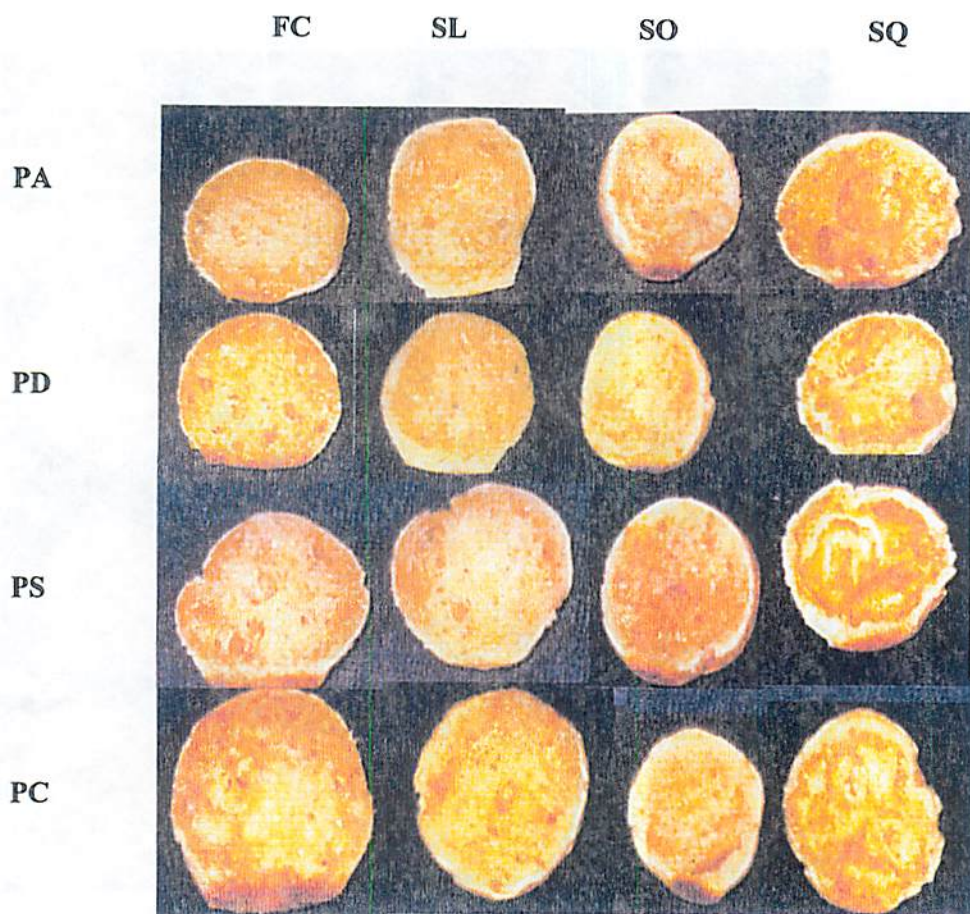


FIGURA 15 Células do miolo de pães de queijo obtidos de massa congelada; de polvilhos azedo (PA), doce (PD), 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC) e; de formulações completa (FC), sem leite (SL), sem ovo (SO) e sem queijo (SQ): PAFC, PASL, PASO e PASQ; PDFC, PDSL, PDSO e PDSQ; PSFC, PSSL, PSSO e PSSQ; e PCFC, PCSL, PCSO e PCSQ.

4.5 Comparação entre massa e pão de queijo

Para comparação da composição dos pães de queijo assados e das massas das quais se originaram, foram considerados umidade, cinza, proteína extrato etéreo, pH e acidez titulável apenas das interações que apresentaram resultados com diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) (Tabela 9C).

4.5.1 Umidade das massas e dos pães de queijo

Uma das características do fenômeno do assamento é a perda de água do produto, o que pode ser comprovado pela observação dos dados da Tabela 52.

Jesus (1997) encontrou uma média em torno de 29% para a diferença de umidade entre massas congeladas e pães de queijo assados. No presente experimento, a média geral de diferença entre as massas não-congeladas e os pães de queijo destas massas foi de 35,97% e dos pães e massas congeladas foi de 29,15%. Uma razão para uma menor diferença de umidade nas amostras com massas congeladas pode ser uma perda de água durante o congelamento. Conseqüentemente, estas massas são assadas já com um conteúdo menor, tendo, portanto, menos água disponível para perder durante o assamento.

TABELA 52 Comparação entre a umidade¹ (%) das massas não-congelada e congelada e do pão de queijo obtido destas massas em função dos tipos de massa e dos tipos de polvilho.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
Não-congelada	PA	38,02 a	25,49 b
	PD	37,64 a	24,73 b
	PS	38,80 a	22,94 b
	PC	38,51 a	24,80 b
Congelada	PA	37,07 a	25,28 b
	PD	36,00 a	26,32 b
	PS	36,58 a	27,38 b
	PC	36,75 a	24,76 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.5.2 Cinza das massas e dos pães de queijo

Houve um acréscimo de aproximadamente 27% no conteúdo de cinza quando examinadas as amostras de pão de queijo em relação às amostras de massas (Tabela 53). Este aumento ocorreu para todas as formulações.

TABELA 53 Comparação entre o conteúdo de cinza¹ (% b.s.) das massas não-congelada e congelada e do pão de queijo obtido destas massas, em função das formulações.

Produtos	Formulações			
	FC	SL	SO	SQ
Massa	3,38 b	3,13 b	3,29 b	2,46 b
Pão	4,19 a	4,21 a	3,89 a	3,14 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.5.3 Proteína das massas e dos pães de queijo

Houve diferenças entre o conteúdo de proteína das massas e dos pães de queijo assados (Tabela 54). As massas não-congeladas obtidas dos diferentes tipos de polvilho e formulações apresentaram valores maiores do que os respectivos pães de queijo.

Resultado contrário pode ser observado na Tabela 55, em relação ao conteúdo protéico de massas congeladas e pães de queijo fabricados com estas massas. Uma hipótese para um menor conteúdo de proteína na massa congelada pode ser a de que as proteínas tiveram a sua solubilidade alterada pelo congelamento e não puderam ser totalmente extraídas pelo citrato de sódio usado como extrator na metodologia utilizada para a determinação do conteúdo protéico.

TABELA 54 Comparação entre o conteúdo de proteína¹ (% b.s.) das massas não-congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	12,47 a	11,56 b
	SL	12,39 a	10,77 b
	SO	10,86 a	9,63 b
	SQ	5,84 a	4,78 b
PD	FC	13,97 a	12,67 b
	SL	11,96 a	9,28 b
	SO	11,13 a	9,07 b
	SQ	5,34 a	4,54 b
PS	FC	15,90 a	10,50 b
	SL	14,07 a	9,63 b
	SO	10,45 a	7,75 b
	SQ	6,33 a	4,60 b
PC	FC	14,67 a	12,01 b
	SL	13,62 a	10,72 b
	SO	10,88 a	9,00 b
	SQ	6,70 a	5,11 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

TABELA 55 Comparação entre o conteúdo de proteína¹ (% b.s.) das massas congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	10,35 b	11,66 a
	SL	9,18 b	10,27 a
	SO	7,63 b	9,98 a
	SQ	4,08 b	4,15 a
PD	FC	9,85 b	12,37 a
	SL	9,82 a	9,63 b
	SO	7,76 b	8,40 a
	SQ	4,14 b	4,49 a
PS	FC	10,15 b	13,24 a
	SL	9,82 b	12,14 a
	SO	8,29 b	9,95 a
	SQ	4,20 b	5,14 a
PC	FC	10,05 b	12,46 a
	SL	8,42 b	11,98 a
	SO	7,77 b	9,49 a
	SQ	4,64 b	5,11 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.5.4 Extrato etéreo das massas e dos pães de queijo

A interação das variáveis tipos de polvilho, formulações, tipos de massa e assamento resultou em diferenças significativas no conteúdo de extrato etéreo

de massas e pães de queijo (Tabelas 56 e 57). Para todos os casos, os valores foram maiores para as massas do que para o produto assado.

TABELA 56 Comparação entre o conteúdo de extrato etéreo¹ (% b.s.) das massas congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	29,18 a	18,03 b
	SL	27,96 a	14,35 b
	SO	25,23 a	12,15 b
	SQ	23,76 a	12,46 b
PD	FC	28,09 a	18,95 b
	SL	27,71 a	15,89 b
	SO	24,63 a	13,24 b
	SQ	25,41 a	14,04 b
PS	FC	28,46 a	15,95 b
	SL	28,77 a	15,45 b
	SO	26,80 a	12,79 b
	SQ	22,73 a	14,05 b
PC	FC	28,51 a	12,02 b
	SL	29,14 a	14,57 b
	SO	24,85 a	14,01 b
	SQ	23,56 a	13,54 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

TABELA 57 Comparação entre o conteúdo de extrato etéreo¹ (% b.s.) das massas congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	30,53 a	18,15 b
	SL	29,42 a	15,11 b
	SO	25,51 a	13,43 b
	SQ	25,12 a	15,80 b
PD	FC	29,70 a	21,34 b
	SL	28,04 a	15,71 b
	SO	24,31 a	14,76 b
	SQ	22,64 a	15,20 b
PS	FC	26,85 a	21,23 b
	SL	26,62 a	15,23 b
	SO	24,24 a	12,91 b
	SQ	22,36 a	16,81 b
PC	FC	26,49 a	20,46 b
	SL	28,16 a	16,32 b
	SO	23,10 a	12,62 b
	SQ	22,57 a	15,04 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.5.5 pH das massas e dos pães de queijo

Os valores de pH das massas, quando comparadas aos pães de queijo, tiveram influência da interação entre os tipos de polvilho, as formulações, tipos de massa e o assamento.

Pela Tabela 58 nota-se que algumas amostras de massa não-congelada tiveram um pH mais elevado do que o pão de queijo como PASO e PCSL. Para PASQ e PDSL, o pH dos pães de queijo foi maior que das massas. As demais amostras apresentaram o pH das massas sem alteração em relação ao pH dos pães de queijo.

TABELA 58 Comparação entre o pH¹ (% b.s.) das massas não-congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	5,61 a	5,82 a
	SL	5,61 a	5,70 a
	SO	5,59 a	4,84 b
	SQ	4,83 b	5,60 a
PD	FC	6,46 a	6,18 a
	SL	5,29 b	6,14 a
	SO	6,39 a	6,07 a
	SQ	6,32 a	6,28 a
PS	FC	5,72 a	5,98 a
	SL	5,69 a	5,87 a
	SO	5,80 a	5,73 a
	SQ	5,36 a	5,27 a
PC	FC	6,04 a	5,78 a
	SL	6,36 a	5,87 b
	SO	6,13 a	5,84 a
	SQ	5,48 a	5,63 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

TABELA 59 Comparação entre o pH¹ (% b.s.) das massas congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	5,71 a	5,63 a
	SL	5,44 a	5,57 a
	SO	5,65 a	5,59 a
	SQ	4,88 a	4,91 a
PD	FC	6,16 a	6,10 a
	SL	6,15 a	6,02 a
	SO	6,10 a	6,03 a
	SQ	6,15 a	6,12 a
PS	FC	5,79 a	5,83 a
	SL	5,59 a	5,76 a
	SO	5,72 a	5,73 a
	SQ	5,60 a	5,33 a
PC	FC	5,78 a	5,85 a
	SL	5,73 a	5,84 a
	SO	5,62 a	5,78 a
	SQ	4,80 a	5,58 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

O pH das massas congeladas não apresentou diferença quando comparado ao pH dos pães de queijo provenientes da massa congelada de mesma formulação (Tabela 59). O congelamento, portanto, pode ter sido o responsável pela manutenção dos valores do pH das massas após o assamento. É

possível que as variações na concentração de solutos, que normalmente ocorrem nos processos de congelamento, provoquem interações entre os componentes dos ingredientes com efeitos no pH.

4.5.6 Acidez titulável das massas e dos pães de queijo

As massas não-congeladas e os pães de queijo obtidos de massas não-congeladas apresentaram-se com diferenças de acidez em quase todos os casos (Tabela 60). As massas congeladas de PASO, PASQ, PSSQ e PCSQ apresentaram maior acidez titulável do que os respectivos pães de queijo, enquanto as massas PSSL, PCSL e PCSO apresentaram menor acidez titulável que os pães assados. Massas congeladas e pães de queijo feitos de polvilho doce (PD) em todas as formulações e de PAFC, PASL, PSFC, PSSO e PCFC, não apresentaram diferenças quanto à acidez. As massas congeladas e seus pães assados das formulações completa (FC) tiveram o mesmo índice de acidez (Tabela 61).

A variação entre a acidez titulável das massas e dos pães de queijo foi influenciada pelos tipos de polvilho, pelas formulações, pelos tipos de massa e, ainda, por modificações que normalmente ocorrem e que alteram a acidez dos produtos, como a evaporação de compostos de baixo peso molecular e de ácidos presentes nas massas e nos pães de queijo.

TABELA 60 Comparação entre a acidez titulável¹ (meq/100g b.s.) das massas não-congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	8,88 b	9,72 a
	SL	8,02 b	8,95 a
	SO	9,20 a	4,77 b
	SQ	5,72 b	8,94 a
PD	FC	6,15 a	6,04 a
	SL	6,49 a	5,37 b
	SO	6,30 b	8,22 a
	SQ	2,68 a	2,35 a
PS	FC	7,79 b	8,66 a
	SL	6,18 b	7,02 a
	SO	9,52 a	7,65 b
	SQ	4,96 a	4,47 a
PC	FC	7,80 a	7,43 a
	SL	7,35 a	6,50 b
	SO	10,13 a	6,87 b
	SQ	5,70 a	3,95 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

TABELA 61 Comparação entre a acidez titulável¹ (meq/100g b.s.) das massas congeladas e dos pães de queijo obtidos destas massas, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de produto.

Tipos de polvilho	Formulações	Produtos	
		Massa	Pão de queijo
PA	FC	8,36 a	8,28 a
	SL	7,38 a	6,83 a
	SO	9,28 a	8,43 b
	SQ	6,02 a	4,63 b
PD	FC	5,83 a	5,86 a
	SL	4,80 a	5,01 a
	SO	6,86 a	6,65 a
	SQ	2,73 a	2,07 a
PS	FC	7,46 a	8,01 a
	SL	5,92 b	6,93 a
	SO	9,27 a	8,52 a
	SQ	5,06 a	4,10 b
PC	FC	6,74 a	6,88 a
	SL	5,20 b	6,58 a
	SO	6,81 b	7,92 a
	SQ	5,18 a	3,51 b

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.6 Massas de pão de queijo moldadas e pães de queijo

As massas dos pães de queijo foram colocadas em moldes para minimizar variações da altura e do diâmetro dos pães a serem assados.

As medidas da altura, do diâmetro e do peso dos pães de queijo foram acompanhadas antes e depois do assamento.

4.6.1 Altura das massas moldadas e dos pães de queijo

A altura das massas moldadas e dos pães de queijo foi influenciada pelo assamento, tendo sido em média de 2,64 cm e 3,73 cm, respectivamente. A interação entre o assamento e a formulação também resultou em diferenças significativas na altura (Tabela 11C).

Após a moldagem da massa até o momento da determinação da altura, o que demandou poucos minutos devido à plasticidade e umidade da massa, estes pães apresentaram uma certa compressão. Isto pode ser comprovado pelo fato de o molde ter 3,00 cm de altura. As massas com as formulações completa (FC) e sem leite (SL) não se comprimiram muito, mas as massas sem queijo (SQ) se comprimiram mais devido à falta do queijo que ajuda a manter a estrutura e as sem ovo (SO) quase não se comprimiram, devido à massa ser mais seca e dura (Tabela 62). Nos pães de queijo assados, as amostras com formulações SL apresentaram alturas superiores às de formulações FC e SQ. E, como os pães SO não se expandem muito, também não apresentaram um aumento tão grande na altura.

Pães SQ talvez até apresentassem uma altura maior, mas quando assados, a maioria se racha na parte superior, deixando escapar os vapores de gases responsáveis pelo seu crescimento.

TABELA 62 Valores médios da altura¹ (cm) das massas moldadas e dos pães de queijo em função das formulações.

Formulações	Massas moldadas	Pães de queijo
FC	2,61 b	3,74 b
SL	2,66 b	3,97 a
SO	2,82 a	3,47 c
SQ	2,47 c	3,75 b

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

TABELA 63 Valores médios das alturas¹ (cm) das massas moldadas e dos pães de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações, dos tipos de massa e dos produtos.

Tipos de polvilho	Formulações	Tipos de massa	Produtos	
			Massa moldada	Pão de queijo
PA	FC	Não-congelada	2,66 b	4,06 a
		Congelada	2,23 b	3,59 a
	SL	Não-congelada	2,94 b	4,31 a
		Congelada	2,68 b	3,96 a
	SO	Não-congelada	2,95 b	3,65 a
		Congelada	2,74 b	3,67 a
	SQ	Não-congelada	2,48 b	3,68 a
		Congelada	2,17 b	3,66 a

...continua...

TABELA 63, Cont.

PD	FC	Não-congelada	2,83 b	3,89 a
		Congelada	2,44 b	3,12 a
	SL	Não-congelada	2,81 b	3,93 a
		Congelada	2,42 b	3,59 a
	SO	Não-congelada	2,91 b	3,30 a
		Congelada	2,77 b	3,39 a
SQ	Não-congelada	2,91 b	4,24 a	
	Congelada	1,98 b	3,41 a	
PS	FC	Não-congelada	2,93 b	4,04 a
		Congelada	2,41 b	3,25 a
	SL	Não-congelada	2,76 b	4,32 a
		Congelada	2,54 b	3,54 a
	SO	Não-congelada	2,88 b	3,66 a
		Congelada	2,67 b	3,46 a
SQ	Não-congelada	2,93 b	3,82 a	
	Congelada	3,02 b	3,28 a	
PC	FC	Não-congelada	3,04 b	4,04 a
		Congelada	2,35 b	3,66 a
	SL	Não-congelada	2,76 b	4,26 a
		Congelada	2,41 b	3,08 a
	SO	Não-congelada	2,83 b	3,36 a
		Congelada	2,75 b	3,30 a
SQ	Não-congelada	2,81 b	4,31 a	
	Congelada	2,41 b	3,63 a	

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

Na Tabela 63 verificou-se que, em todas as combinações de tipos de polvilho, formulações e tipos de massa, o pão de queijo sempre apresentou alturas maiores do que a massa moldada.

4.6.2 Diâmetro das massas moldadas e dos pães de queijo

Assim como a altura, o diâmetro dos pães de queijo também não apresentou mais as mesmas dimensões de quando foram moldados, aumentando, numa média geral, de 3,14 cm para 4,11 cm. A interação formulação versus congelamento versus assamento mostrou significativa ($P < 0,05$) em relação aos diâmetros das massas e dos pães de queijo (Tabela 64).

TABELA 64 Valores médios dos diâmetros¹ (cm) da massa moldada e dos pães de queijo, em função das formulações, dos tipos de massa e dos produtos.

Tipos de massa	Formulações	Produtos	
		Massa moldada	Pão de queijo
Não-congelada	FC	3,10 b	4,54 a
	SL	3,08 b	4,31 a
	SO	2,94 b	3,40 a
	SQ	3,03 b	4,47 a
Congelada	FC	3,25 b	4,08 a
	SL	3,15 b	4,07 a
	SO	3,20 b	3,63 a
	SQ	3,35 b	4,39 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

Pela Tabela 65 pode-se acompanhar os diâmetros das massas moldadas e dos pães de queijo.

TABELA 65 Valores médios dos diâmetros¹ (cm) das massas moldadas e dos pães queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações, dos tipos de massa e dos produtos.

Tipos de polvilho	Formulações	Tipos de massa	Produtos	
			Massa moldada	Pão de queijo
PA	FC	Não-congelada	2,91 b	4,45 a
		Congelada	3,36 b	4,08 a
	SL	Não-congelada	3,00 b	4,46 a
		Congelada	2,96 b	4,15 a
	SO	Não-congelada	2,97 b	3,44 a
		Congelada	3,14 b	3,62 a
	SQ	Não-congelada	2,68 b	3,82 a
		Congelada	3,19 b	4,37 a
PD	FC	Não-congelada	3,20 b	4,50 a
		Congelada	3,44 b	4,23 a
	SL	Não-congelada	3,13 b	4,18 a
		Congelada	3,28 b	4,07 a
	SO	Não-congelada	2,98 b	3,36 a
		Congelada	3,33 b	3,72 a
	SQ	Não-congelada	3,12 b	4,63 a
		Congelada	3,51 b	4,40 a

...continua...

TABELA 65, Cont.

PS	FC	Não-congelada	3,06 b	4,46 a
		Congelada	2,99 b	3,84 a
	SL	Não-congelada	3,11 b	4,38 a
		Congelada	3,10 b	3,91 a
	SO	Não-congelada	2,93 b	3,45 a
		Congelada	2,21 b	3,68 a
	SQ	Não-congelada	3,22 b	4,84 a
		Congelada	3,46 b	4,44 a
PC	FC	Não-congelada	3,25 b	4,80 a
		Congelada	3,21 b	4,18 a
	SL	Não-congelada	3,07 b	4,26 a
		Congelada	3,25 b	4,13 a
	SO	Não-congelada	2,89 b	3,33 a
		Congelada	3,11 b	3,50 a
	SQ	Não-congelada	3,09 b	4,60 a
		Congelada	3,23 b	4,18 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

4.6.3 Peso das massas moldadas e dos pães de queijo

Nas massas moldadas foi registrada uma média geral de 17,52 g e nos pães de queijo o peso caiu para 14,80 g, sendo esta uma diferença significativa ($P < 0,05$) e causada pela perda de voláteis durante o forneamento.

A interação entre os tipos de polvilho, as formulações, os tipos de massa e os produtos não foi significativa, mas o desdobramento desta interação mostra alguns resultados diferentes quando se comparam, os produtos (massa moldada e

pão de queijo) em cada combinação dos outros fatores e cujas comparações são apresentadas na Tabela 66.

TABELA 66 Valores médios dos pesos (g) das massas moldadas e dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações, dos tipos de massa e dos produtos.

Tipos de polvilho	Formulações	Tipos de massa	Produtos	
			Massa moldada	Pão de queijo
PA	FC	Não-congelada	17,66 a	14,76 a
		Congelada	17,55 a	14,81 a
	SL	Não-congelada	17,26 a	19,00 a
		Congelada	19,54 a	16,77 a
	SO	Não-congelada	17,28 a	14,47 a
		Congelada	18,95 a	15,95 b
	SQ	Não-congelada	15,32 a	12,53 a
		Congelada	17,74 a	14,85 a
PD	FC	Não-congelada	17,71 a	14,94 a
		Congelada	19,88 a	17,07 a
	SL	Não-congelada	17,81 a	13,37 b
		Congelada	16,55 a	14,27 a
	SO	Não-congelada	16,97 a	14,02 b
		Congelada	19,56 a	16,78 a
	SQ	Não-congelada	17,47 a	13,97 b
		Congelada	17,09 a	13,61 b

...continua...

TABELA 66, Cont.

PS	FC	Não-congelada	17,61 a	14,70 a
		Congelada	15,77 a	13,86 a
	SL	Não-congelada	17,30 a	13,54 b
		Congelada	15,82 a	13,52 a
	SO	Não-congelada	17,16 a	13,92 b
		Congelada	18,26 a	15,66 a
SQ	Não-congelada	17,33 a	14,32 b	
	Congelada	16,26 a	14,44 a	
PC	FC	Não-congelada	18,26 a	15,26 b
		Congelada	18,01 a	15,41 a
	SL	Não-congelada	17,46 a	14,37 b
		Congelada	18,41 a	16,10 a
	SO	Não-congelada	17,00 a	13,79 b
		Congelada	17,44 a	14,97 a
	SQ	Não-congelada	17,08 a	13,94 b
		Congelada	17,91 a	14,73 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo Teste F (5%).

No polvilho PA não houve diferença de peso entre a massa moldada e o pão de queijo na massa não-congelada, mas, na formulação SO e massa congelada, o pão de queijo teve menor peso que a massa moldada. No PC, não houve efeito do assamento na massa congelada e na massa não- congelada, o pão de queijo apresentou sempre pesos menores do que a massa moldada.

4.7 Força de compressão dos pães de queijo

A média da máxima força de compressão dos pães de queijo obtidos de massas não-congeladas e de massas congeladas não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) devido aos tipos de polvilho mas as formulações e os tipos de massa resultaram em diferenças nestes resultados (Tabela 67).

TABELA 62 Valores médios de força de compressão¹ (g) dos pães de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulação		Tipos de massa	
PA	1634,0 a	FC	1774,5 b	Não-congelada	1358,5 a
PD	1644,3 a	SL	1304,3 a	Congelada	1831,6 b
PS	1568,6 a	SQ	1706,3 b		
PC	1533,2 a				

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Pães com formulação sem ovo (SO) não foram analisados porque a força de compressão exigida por eles excedeu 5.000 g, força máxima alcançada pelo aparelho. Os pães com formulação sem leite (SL) foram os que registraram menores picos de força máxima de compressão e os de formulações completa (FC) e sem queijo (SQ) apresentaram valores iguais estatisticamente.

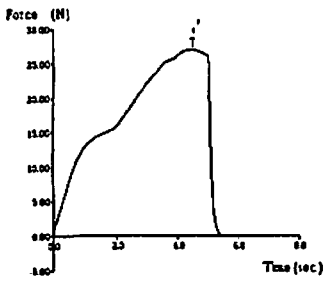
Quanto aos tipos de massa, verificou-se que as massas não-congeladas apresentaram, em média, picos de força máxima de compressão menores do que os pães de massa congelada. O congelamento pode ter formado cristais de gelo maiores dentro dos pães de queijo e estes cristais romperam e ou fragilizaram a estrutura da massa dos pães congelados. Quando os mesmos foram levados ao

forno, as paredes de células que se formam no miolo dos pães não conseguiram uma estrutura tal capaz de deter os gases formados durante o assamento, o que garantiria uma melhor expansão. Não puderam também deter uma maior umidade, o que garantiria uma maior maciez do produto, com uma conseqüente menor resistência à compressão.

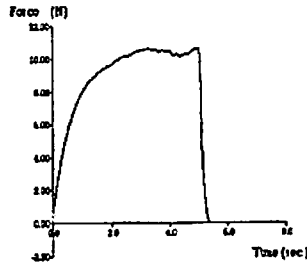
A interação entre os tipos de polvilho, as formulações e os tipos de massa mostrou-se significativa quanto à média dos resultados da força de compressão dos pães de queijo (Tabela 12C).

As Figuras 16 e 17 mostram os gráficos com as médias dos picos de máxima força determinados para cada tipo de amostra. A unidade de força mostrada nos gráficos é Newton (N), mas os cálculos foram feitos em grama (g).

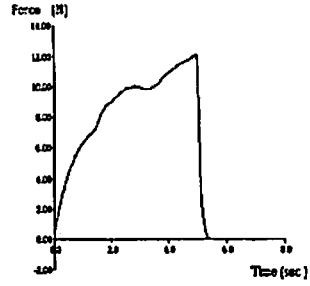
Alguns gráficos seguem um mesmo comportamento, dependendo principalmente da formulação. Notamos também que os gráficos das amostras feitas com massas congeladas apresentaram vários picos. Isto foi devido ao fato de os pães terem um aspecto de casca mais esfarelenta e, cada vez que a sonda do aparelho encostava-se a uma saliência destes pães de queijo, ela registrava um pico. No caso dos pães com formulação SQ, além da casca esfarelenta eles também se apresentaram com uma casca bem desuniforme, com regiões mais grossas e outras mais finas.



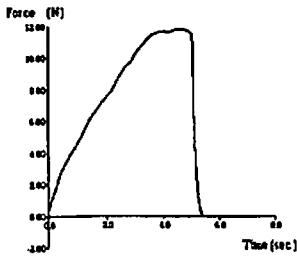
PAFC – 2836,3 g



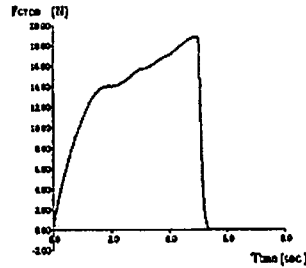
PASL – 1231,1 g



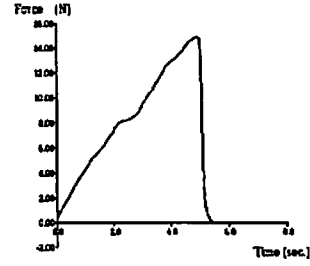
PASQ – 893,6 g



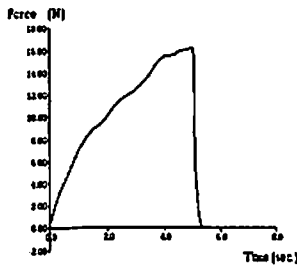
PDFC – 1235,4 g



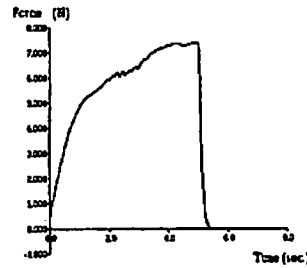
PDSL – 1622,3 g



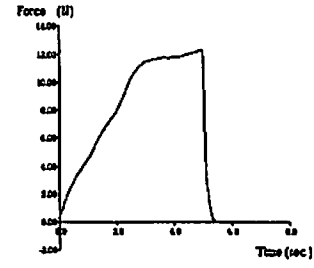
PDSQ – 1539,5 g



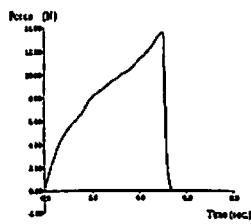
PSFC – 1662,8 g



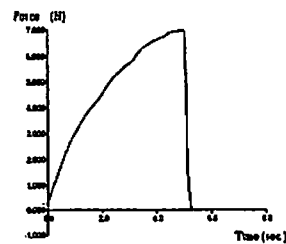
PSSL – 789,4 g



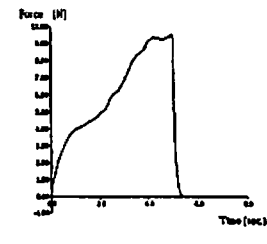
PSSQ – 1440,9 g



PCFC – 1290,6 g

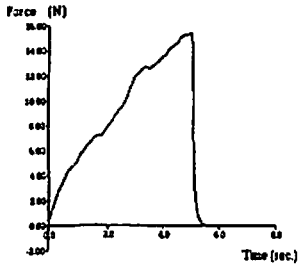


PCSL – 760,9 g

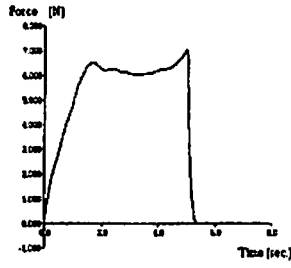


PCSQ – 999,1 g

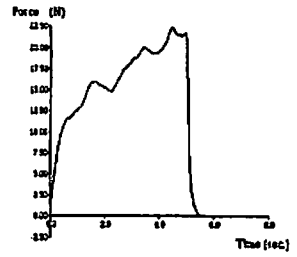
FIGURA 16 Gráficos das médias das forças de compressão, de nove observações das amostras de pães de queijo feitos com massas não-congeladas.



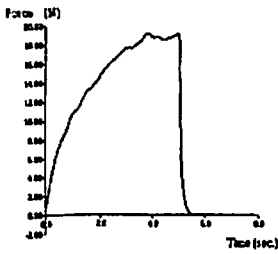
PAFC – 1599,4 g



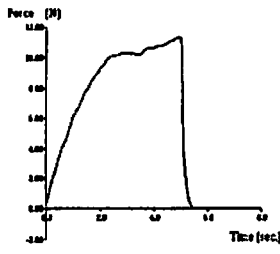
PASL – 741,6 g



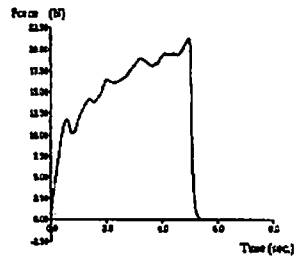
PASQ – 2502,1 g



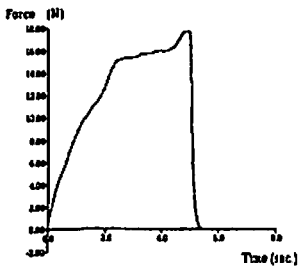
PDFC – 2077,8 g



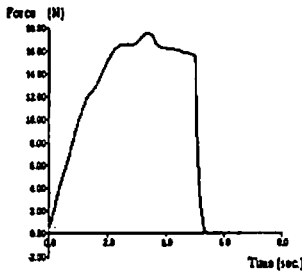
PDSL – 1204 g



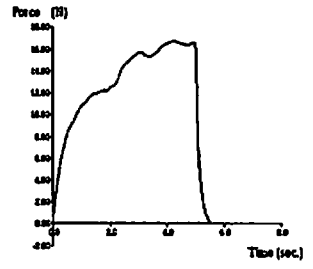
PDSQ – 2186,2 g



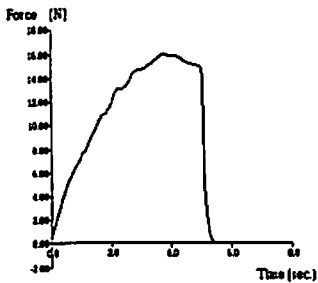
PSFC – 1857,5 g



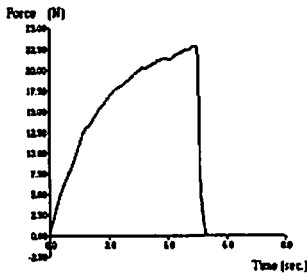
PSSL – 1926 g



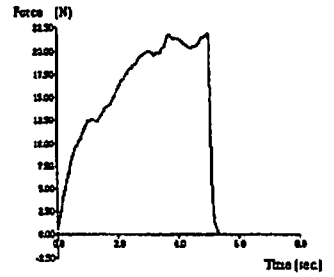
PSSQ – 1734,4 g



PCFC – 1636,5 g



PCSL – 2157,5 g



PCSQ – 2354,5 g

FIGURA 17 Gráficos das médias das forças de compressão de nove observações das amostras de pães de queijo feitos com massas congeladas.

A Tabela 68 mostra os valores médios dos picos de força de compressão dos pães de queijo analisados.

TABELA 68 Valores médios dos picos de máxima força de compressão¹ (g) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de massa	Tipos de polvilho	Formulações		
		FC	SL	SQ
Não-congelada	PA	2836,3 b	1231,1 a	893,6 a
	PD	1235,3 a	1622,3 a	1539,5 a
	PS	1662,8 b	789,4 a	1440,9 b
	PC	1290,6 a	760,9 a	999,1 a
Congelada	PA	1599,4 b	741,6 a	2502,1 c
	PD	2077,8 b	1204,7 a	2186,2 b
	PS	1857,5 a	1926,5 a	1734, a
	PC	1636,5 a	2157,5 a	2354 a

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8 Análise sensorial dos pães de queijo

Os resultados do teste de média da análise sensorial dos 21 atributos dos pães de queijo avaliados serão discutidos de forma individual. Posteriormente, serão apresentados gráficos nos quais os atributos estão reunidos quanto ao tipo de percepção, ou seja, se aparência externa, aparência interna ou paladar.

Como a intensidade de cada atributo foi marcada pelos provadores em uma escala não-estruturada de 15 cm, com pontos-âncora a 1 cm das extremidades, pela nota média de cada atributo pôde-se determinar a posição de cada atributo nesta escala. Deve-se lembrar ainda que o valor de 7,5 representa o ponto médio desta escala.

Apesar de todo o treinamento realizado previamente com os provadores, as notas atribuídas por eles para cada atributo sofreram muitas variações, devido ao fato de o pão de queijo ser um produto com muitas variações em sua formulação. Isto pode ser atribuído aos ingredientes utilizados, pela quantidade empregada de cada ingrediente ou ainda pelo fato de cada pessoa ter um conceito próprio de qualidade de pão de queijo e também uma preferência por determinadas características deste produto.

Deve ser considerado ainda para todos os atributos, quando a média geral for analisada, que neste experimento, de cada quatro amostras, apenas uma apresentava formulação completa. Mesmo que o provador tivesse “preferência” por pães de queijo feitos com determinado tipo de polvilho, ele ainda poderia rejeitar três formulações que contivessem este polvilho por não considerá-las de acordo com o seu padrão pessoal de qualidade, isto teoricamente.

4.8.1 Atributos externos

4.8.1.1 Aparência externa dos pães de queijo

A aparência externa dos pães de queijo teve, na escala não-estruturada, uma variação de termos de “ruim” a “boa”. Os resultados obtidos em relação aos tipos de polvilho, isoladamente, não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$), mas estas diferenças foram significativas ($P<0,05$) em relação à formulação e ao congelamento da massa (Tabela 69).

TABELA 69 Valores médios atribuídos à aparência externa¹ (ruim-boa) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,9 a	FC	6,2 b	Não-congelada	7,1 a
PD	6,1 a	SL	6,7 a	Congelada	5,1 b
PS	6,1 a	SO	6,1 b		
PC	6,5 a	SQ	5,5 c		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

O tipo de polvilho não influenciou significativamente na aparência externa dos pães de queijo de massa não-congelada e congelada, mas todos tiveram nota geral média inferior a 7,5. Isto significa que, considerando-se todos os pães de queijo, em média, eles apresentaram uma aparência com tendência para “ruim”.

A formulação SL propiciou pães com melhor aparência externa e SQ pães com aparência externa inferior. Pães obtidos de massa não-congelada

apresentaram uma aparência externa melhor do que os pães obtidos de massa congelada.

4.8.1.2 Cor da casca dos pães de queijo

A cor da casca dos pães de queijo foi analisada numa intensidade que variou de clara a escura. Pela Tabela 70 observa-se que os polvilhos azedo (PA) e doce (PD) originaram pães de queijo mais claros do que os polvilhos 70% azedo + 30% doce (PS) e 50% azedo + 50% doce (PC). Mesmo não havendo diferenças significativas provocadas pelas formulações e pelo congelamento da massa, pode-se dizer que os pães apresentaram uma coloração tendendo para clara, uma vez que as médias gerais de cor de casca relacionadas a estas variáveis obtiveram valores inferiores a 7,5.

TABELA 70 Valores médios atribuídos à cor da casca¹ (clara-escura) dos pães de queijo, em função do tipo de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipo de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	6,0 b	FC	6,2 a	Não-congelada	6,3 a
PD	5,9 b	SL	6,1 a	Congelada	6,2 a
PS	6,7 a	SO	6,1 a		
PC	6,3 a	SQ	6,6 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.1.3 Formato dos pães de queijo

A Tabela 71 mostra que os pães de queijo fabricados com polvilho PD se apresentaram mais redondos do que os fabricados com PA e PC e, por fim, PS. As formulações também influenciaram bastante este aspecto, sendo que os provadores classificaram as amostras com formulação SO mais redondas, seguidas por SL e FC e depois SQ. Este fato também ficou bem claro durante o preparo destas amostras, uma vez que as massas preparadas com formulação SO mantiveram o formato do molde de PVC utilizado e ao acabamento feito manualmente e, mesmo depois de alguns minutos, foi observado que o formato foi mantido. Já as massas de FC e SL, por serem um pouco mais plásticas, cederam um pouco à moldagem original e, finalmente, as amostras de SQ não se mantiveram redondas como originalmente, apresentando uma tendência a se espalhar após a moldagem.

TABELA 71 Valores médios atribuídos ao formato¹ (redondo-achatado) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,7 b	FC	5,6 b	Não-congelada	5,7 a
PD	4,9 c	SL	6,0 b	Congelada	5,6 a
PS	6,4 a	SO	4,6 c		
PC	5,6 b	SQ	6,4 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Pela Tabela 71, também se pode verificar que pães de massa não-congelada e de massa congelada apresentaram o mesmo formato depois de assados. Na média geral, os pães de queijo foram considerados pelos provadores com formatos predominantemente arredondados.

4.8.1.4 Uniformidade da casca dos pães de queijo

A uniformidade da casca dos pães de queijo foi influenciada pelas formulações e pelo congelamento da massa (Tabela 72). Os pães com formulações SL e SO, na avaliação dos provadores, apresentaram um aspecto mais regular do que os de formulações FC e SQ, sendo estes últimos os menos regulares. Esta característica dos pães SQ também foi observada na realização dos Testes de Compressão (item 4.7) descrito anteriormente, assim como uma maior irregularidade dos pães de massa congelada, que apresentaram uma casca mais “farinhenta” e com regiões mais grossas e outras mais finas. A média geral das amostras apresentou valores menores de 7,5 e foram consideradas pelos provadores como tendendo para irregulares.

TABELA 72 Valores médios atribuídos à uniformidade da casca¹ (irregular-regular) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	6,6 a	FC	6,4 b	Não-congelada	7,6 a
PD	6,7 a	SL	7,1 a	Congelada	5,7 b
PS	6,2 a	SO	7,4 a		
PC	7,1 a	SQ	5,7 c		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.1.5 Rachaduras na casca dos pães de queijo

Os provadores analisaram não somente a presença ou a ausência de rachaduras na superfície da casca dos pães de queijo, mas também a intensidade destas rachaduras, marcando na escala não-estruturada pontos que quanto mais à direita maior a intensidade.

A Tabela 73 mostra que todas as amostras apresentaram rachaduras, sendo que, quanto aos tipos de polvilho, as amostras feitas com PA e PC apresentaram uma maior intensidade delas, bem como as amostras produzidas com massa não-congelada. Não houve diferença significativa entre as amostras com formulações diferentes.

TABELA 73 Valores médios atribuídos a rachaduras da casca¹ (ausência-presença) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	10,9 a	FC	10,9 a	Não-congelada	11,8 b
PD	9,3 b	SL	10,3 a	Congelada	9,2 a
PS	10,1 b	SO	10,6 a		
PC	11,6 a	SQ	10,2 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.1.6 Pontos de queijo dos pães de queijo

Os dados da Tabela 74 mostram que as formulações resultaram em diferenças significativas nos valores atribuídos aos pontos de queijo. É evidente que a formulação que recebeu os menores valores foi justamente SQ, que não continha queijo, mas SL também recebeu menos pontos. Isto pode ter sido

porque este tipo de formulação apresentou pães com uma casca de textura mais fina e mais lisa, sem uma presença mais acentuada dos pontos de queijo, apesar de esse ingrediente estar presente nas mesmas concentrações que nas outras formulações, exceto SQ. Os pães com formulação SO tiveram seus pontos de queijo mais evidenciados pela própria característica da massa que, pela falta do ovo, apresentou-se mais seca, tendo os pontos de queijo mais realçados com o forneamento. Os pontos de queijo ainda foram influenciados pelos tipos de polvilho, mas não houve diferença significativa quanto ao congelamento da massa.

TABELA 74 Valores médios atribuídos a pontos de queijo¹ (poucos-muitos) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	4,0 a	FC	4,0 b	Não-congelada	3,7 a
PD	3,1 b	SL	2,8 c	Congelada	3,4 a
PS	3,2 b	SO	4,8 a		
PC	3,9 a	SQ	2,7 c		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Considerando-se o valor médio de 7,5 da escala não-estruturada, pode-se considerar que as amostras tiveram poucos pontos de queijo.

As Figuras 18 e 19 mostram os atributos externos avaliados na análise sensorial por ADQ para pães de queijo fabricados com massa não-congelada.

Os pães de queijo produzidos com PA nas diferentes formulações receberam notas próximas quanto à cor da casca, formato e presença de rachaduras. Pães com PASQ apresentaram aparência e uniformidade da casca

com notas inferiores, sendo que a desuniformidade da casca e a falta de pontos de queijo fizeram com que estes pães recebessem menores notas quanto à aparência externa.

Os pães com PD, mostrados na Figura 18, receberam notas diferentes para quase todos os atributos, mas, quanto ao formato, as notas se aproximaram mais. Os pães de queijo com PDSL apresentaram melhor aparência e, juntamente com PDSO, apresentaram também maior uniformidade da casca.

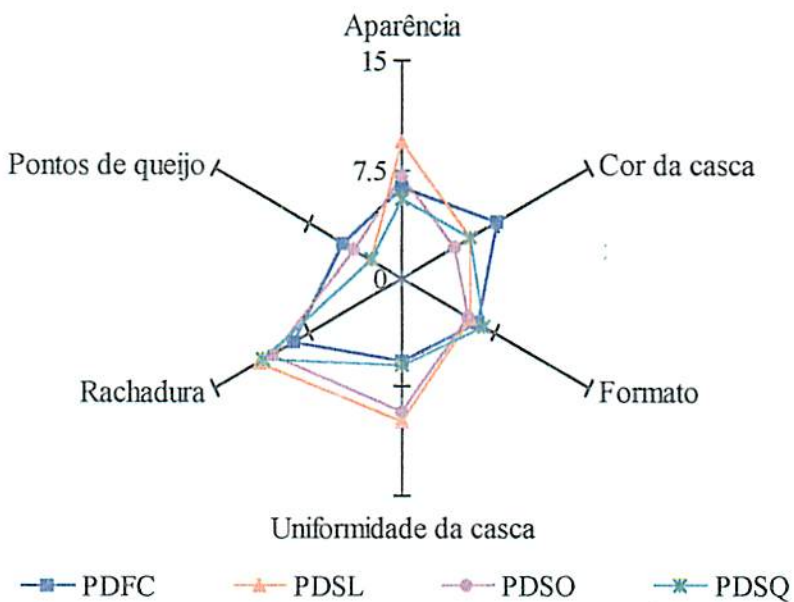
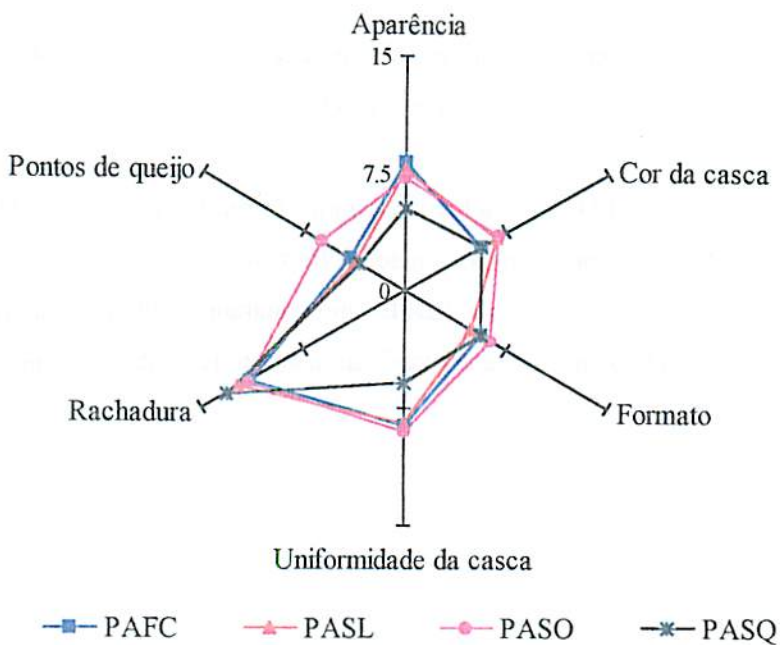


FIGURA 18 Atributos externos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

A Figura 19 mostra que os pães de queijo com PS receberam notas bem próximas quanto à cor da casca e formato e se diferenciaram mais quanto à uniformidade da casca. PSSO obteve maior nota quanto a pontos de queijo.

A aparência, o formato e a presença de rachaduras não diferiram tanto nas amostras com PC. Pães de queijo com PCFC apresentaram cor da casca mais escura do que das demais formulações. Pães de queijo com PCSL e PCSO tiveram maior uniformidade da casca. Mesmo apresentando notas para pontos de queijo abaixo da média, os pães com PCSO se destacaram dos demais, recebendo maiores notas.

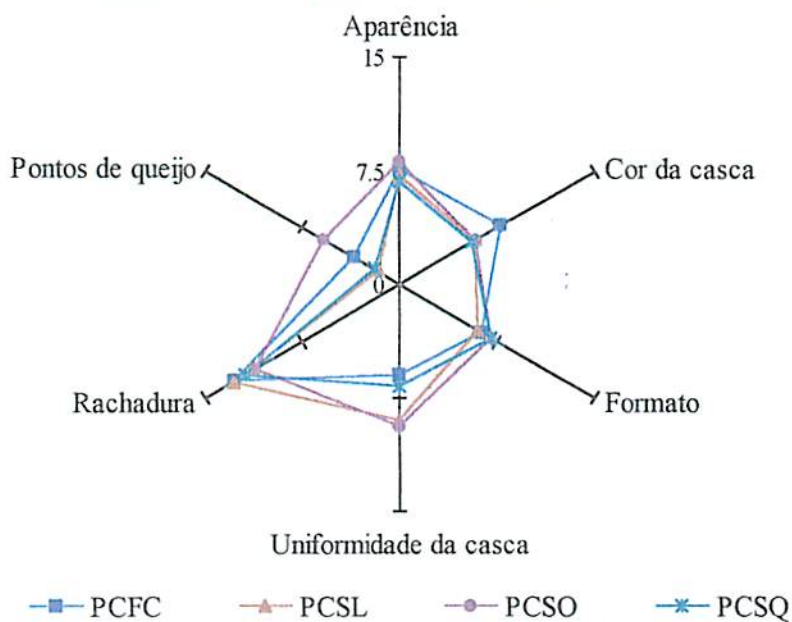
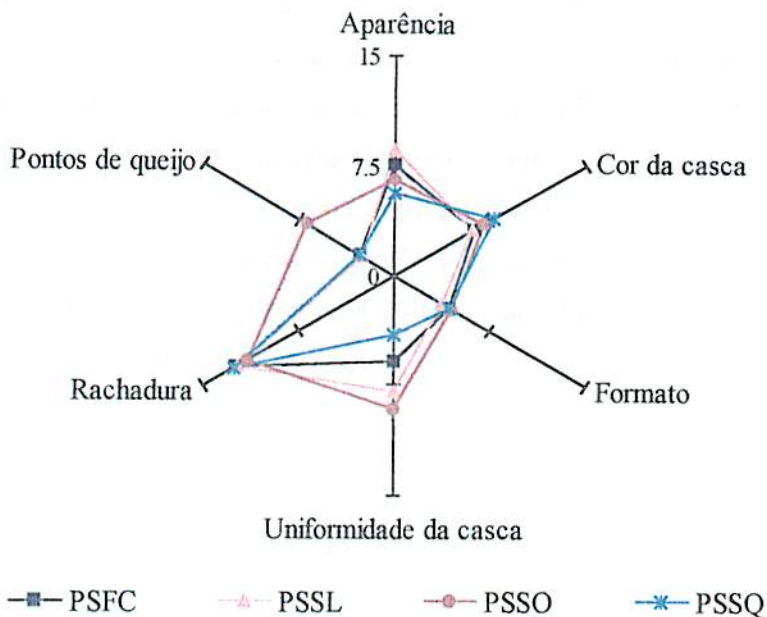


FIGURA 19 Atributos externos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

As Figuras 20 e 21 apresentaram o perfil sensorial dos pães de queijo feitos com massa congelada quanto aos atributos externos.

Na Figura 20, os pães de queijo PA se diferenciaram mais quanto ao formato, uniformidade da casca e rachadura. A aparência e os pontos de queijo receberam notas abaixo da média para todas as amostras.

Os pães com PD apresentaram perfil sensorial para os atributos externos diferenciados, dependendo da formulação utilizada, com cada amostra se destacando mais em determinado atributo. A aparência externa, que poderia ser considerada como um atributo externo de maior interesse, esteve abaixo da média para todas as amostras. Mas os pães de queijo com PDSL e PDSO apresentaram médias próximas e um pouco maiores do que PDFC e PDSQ.

Os perfis sensoriais dos atributos externos de pães de queijo com PS e PC estão na Figura 21.

Nos pães produzidos com OS, a cor da casca e o formato foram os atributos que mais assemelharam entre as amostras. Pães de queijo com PSSL evidenciaram menor nota para aparência, cor da casca mais clara, formato mais arredondado, menor uniformidade da casca e menos pontos de queijo.

Os pães de queijo produzidos com PC apresentaram maiores diferenças quanto ao formato, com PCSL originando pães mais redondos. Quanto a pontos de queijo, PCFC e PCSO receberam notas maiores do que PCSL e PCSQ. Observando-se as Figuras 18, 19, 20 e 21, percebe-se que as amostras de pães de queijo, de massa não-congelada e de massa congelada, feitas com PA, seguiram o mesmo comportamento, com intensidades diferentes, quanto à aparência, cor da casca e rachadura. Os pães com PD apresentaram comportamentos diferentes para os dois tipos de massa. Os pães com PS apresentaram o mesmo comportamento para a maioria das formulações quanto à aparência, cor da casca, formato e rachadura. Para pães obtidos de PC, as formulações SL se diferenciaram mais quanto ao formato e pontos de queijo, sendo que o

comportamento geral foi bem parecido para os pães de queijo de massa não-congelada e de massa congelada.

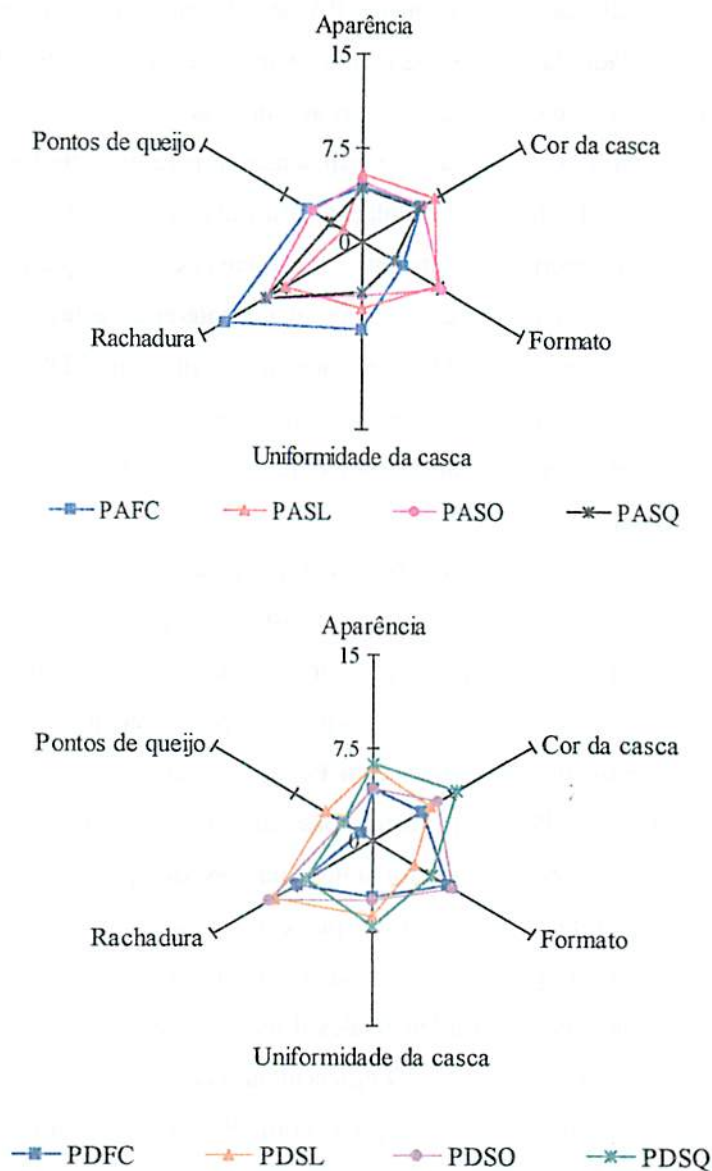


FIGURA 20 Atributos externos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas congeladas.

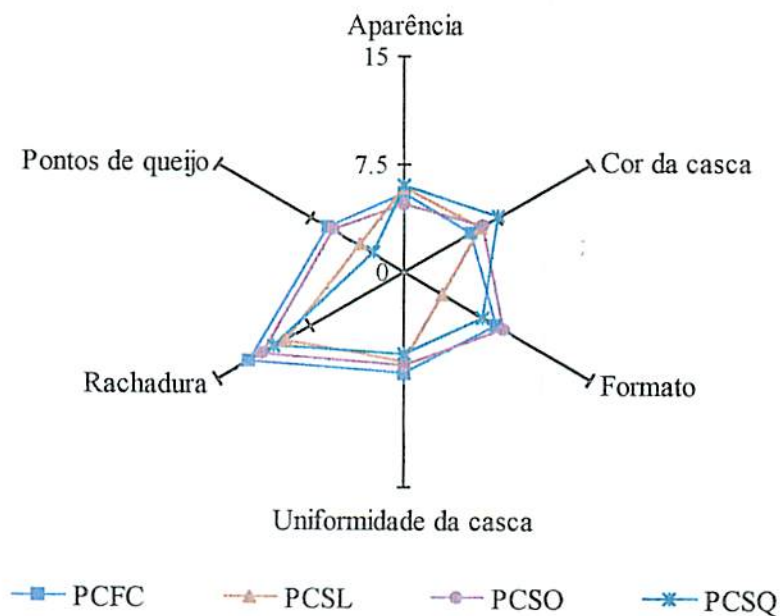
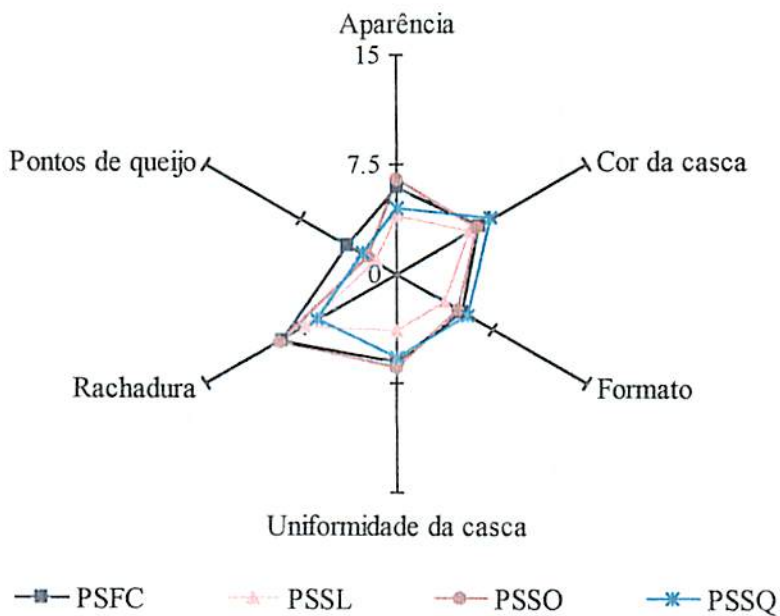


FIGURA 21 Atributos externos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas congeladas.

4.8.2 Atributos internos

4.8.2.1 Maciez dos pães de queijo

A Tabela 75 mostra as médias das notas dadas à maciez dos pães de queijo. Todas as variáveis do experimento, analisadas isoladamente, apresentaram diferenças significativas em relação à maciez (Tabela 14C). Exceto a formulação SO, todas as outras variáveis originaram pães de queijo considerados macios, na média geral. Os pães de queijo considerados mais macios foram os obtidos com polvilho PS, os com formulação SL e, ainda, os feitos com massa não-congelada.

TABELA 75 Valores médios atribuídos à maciez (duro-macio) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	8,3 b	FC	8,8 b	Não-congelada	9,3 a
PD	8,6 b	SL	10,0 a	Congelada	8,0 b
PS	9,1 a	SO	6,9 c		
PC	8,6 b	SQ	8,8 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os resultados obtidos pela análise sensorial em relação à maciez dos pães de queijo foram semelhantes aos obtidos em relação ao teste objetivo da força de compressão, cujos valores foram apresentados no item 4.6.

4.8.2.2 Elasticidade dos miolos dos pães de queijo

Pouca elasticidade foi relacionada pelos provadores como sendo característica de miolos mais firmes e muita elasticidade como sendo aqueles miolos mais “borrachudos”. A Tabela 76 mostra que os tipos de polvilho parecem não ter causado diferenças significativas neste atributo ($P>0,05$). Pães com formulação SL foram considerados mais elásticos do que os demais, assim como os pães obtidos de massa não-congelada.

TABELA 76 Valores médios atribuídos à elasticidade do miolo¹ (pouca-muita) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,6 a	FC	5,5 b	Não-congelada	5,8 a
PD	5,2 a	SL	6,5 a	Congelada	5,4 b
PS	5,6 a	SO	4,9 b		
PC	6,0 a	SQ	5,6 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

A elasticidade do miolo parece estar ligada à estrutura do miolo, à aderência do miolo à casca, e à umidade do miolo. Amostras de pães de queijo com miolos mais compactos, com maior aderência à casca e mais úmidos tenderam a apresentar uma elasticidade do miolo também maior, o que pode ser observado com o resultado destes atributos sensoriais nas Tabelas 79 80 e 81 correspondentes.

4.8.2.3 Cor do miolo dos pães de queijo

A cor do miolo do pão de queijo foi influenciada pela formulação e, mais especificamente, pela ausência ou presença de queijo. Além de ser um fator de preferência e referência pessoal, a cor do miolo é dependente do tipo de queijo e da quantidade empregada na formulação. Isto porque os polvilhos utilizados na maioria dos mercados brasileiros, mais precisamente de Minas Gerais, possuem a mesma coloração e os ovos utilizados são predominantemente brancos, com uma certa padronização de cor da gema.

Os dados da Tabela 77 mostraram que a ausência do queijo resultou em miolos menos claros do que os das outras formulações. O congelamento parece ter originado pães de queijo com miolos também menos claros do que os feitos com massa não-congelada. De acordo com os provadores, as amostras de pães de queijo foram consideradas predominantemente com miolos mais claros.

TABELA 77 Valores médios atribuídos à cor do miolo¹ (claro-escuro) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,6 a	FC	5,8 b	Não-congelada	5,6 b
PD	5,9 a	SL	5,6 b	Congelada	6,0 a
PS	5,9 a	SO	5,5 b		
PC	5,7 a	SQ	6,2 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.2.4 Espessura da casca dos pães de queijo

A espessura da casca do pão de queijo sofreu interferência de todas as variáveis relacionadas neste trabalho (Tabela 78). Pães de queijo feitos com polvilho PS foram considerados como os de cascas mais finas, bem como os fabricados com formulações FC, SL e SQ. A formulação SO originou pães de queijo com massas mais secas, que não se expandiram muito no assamento, levando a uma concentração maior de material próximo à superfície da casca. Conseqüentemente, ao final do processo de assamento, esta casca ficou mais grossa do que as das demais formulações. Os pães de queijo fabricados com massas não-congeladas também apresentaram cascas mais finas em relação aos previamente congelados antes do forneamento.

Quando medida com paquímetro (item 4.4.4), a espessura da casca não mostrou diferenças significativas em relação a nenhuma variável isoladamente ou em interação entre si.

TABELA 78 Valores médios atribuídos à espessura da casca¹ (fina-grossa) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	6,0 a	FC	5,4 b	Não-congelada	5,2 b
PD	5,8 a	SL	4,9 b	Congelada	6,1 a
PS	5,1 b	SO	7,0 a		
PC	5,7 a	SQ	5,3 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.2.5 Estrutura do miolo dos pães de queijo

A estrutura do miolo dos pães de queijo foi classificada pelos provadores de oca a compacta. Os tipos de polvilho não representaram diferenças significativas para este atributo, enquanto as formulações e o congelamento mostraram-se bastante influentes.

Os dados da Tabela 79 mostram que os pães de queijo que se apresentaram mais ocos foram aqueles com formulação sem queijo (SQ). Os pães SQ formaram grandes espaços vazios ao serem assados, sendo que alguns continham três ou quatro grandes espaços e algumas células maiores e algumas poucas menores em seus miolos (itens 4.4.7 e 4.4.8). Os pães com formulações sem leite (SL), completa (FC) e sem ovo (SO) foram considerados predominantemente de estrutura compacta pelos provadores. Os pães de queijo de massa congelada também foram classificados como mais compactos, enquanto os de massa não-congelada tiveram a estrutura classificada como mais oca.

Mais uma vez, é bom ressaltar que a estrutura dos pães de queijo mostrou estar relacionada com a elasticidade do miolo, a aderência do miolo à casca e com a umidade do miolo. Os pães SQ, considerados mais ocos, apresentaram uma estrutura coalescente separando estes espaços. Esta estrutura era úmida e elástica.

TABELA 79 Valores médios atribuídos à estrutura do miolo¹ (oco-compacto) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	7,9 a	FC	8,0 b	Não-congelada	6,8 b
PD	7,6 a	SL	7,2 c	Congelada	8,5 a
PS	7,3 a	SO	8,9 a		
PC	7,9 a	SQ	6,6 d		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Comparando estes resultados com os dados do item 4.4.7, Tabela 49, que trata da ocorrência de espaço entre o miolo e a casca do pão de queijo, verifica-se que houve algumas variações. Apesar de não ter havido uma análise de variância, os resultados anteriores apresentaram uma maior incidência de espaços vazios nos pães feitos com polvilho PA e naqueles com polvilhos PD, PS e PC os resultados foram mais próximos. Quanto à ocorrência dos espaços vazios (ocos) em relação à formulação, os pães de queijo sem queijo (SQ) apresentaram uma maior incidência, seguidos pelos de formulação completa (FC) e igualmente pelos sem leite (SL) e sem ovo (SO). Coincidentemente, as amostras fabricadas com massa não-congelada também se apresentaram com uma maior ocorrência de espaços entre o miolo e a casca.

4.8.2.6 Aderência do miolo à casca dos pães de queijo

As formulações e o congelamento, como fatores isolados, se mostraram influentes nas diferenças significativas de aderência do miolo à casca dos pães de queijo. Formulações SL e SQ apresentaram menor aderência do que FC e SO e pães de massa não-congelada também apresentaram menor aderência do que

os de massa congelada (Tabela 80). De forma geral, as amostras foram consideradas com o miolo bastante aderente à casca, uma vez que as médias se situaram acima de 7,5, na avaliação dos provadores.

TABELA 80 Valores médios atribuídos à aderência do miolo à casca¹ (pouca-muita) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	8,8 a	FC	8,5 a	Não-congelada	7,5 b
PD	8,4 a	SL	8,2 b	Congelada	9,3 a
PS	7,9 a	SO	9,1 a		
PC	8,4 a	SQ	7,7 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.2.7 Umidade do miolo dos pães de queijo

Os provadores classificaram os miolos das amostras de pães de queijo de “secos” a “úmidos” e encontraram que os polvilhos PS e PC resultaram em miolos mais úmidos do que PA e PD na média geral. A formulação SL também originou pães com miolos mais úmidos, seguidos pelos de formulações SQ, FC e SO. Pães feitos com massa não-congelada se apresentaram mais úmidos do que os feitos com massa congelada (Tabela 81).

TABELA 81 Valores médios atribuídos à umidade do miolo (seco-úmido) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Umidade do miolo (seco-úmido)					
Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	8,6 b	FC	8,7 c	Não-congelada	9,1 a
PD	8,7 b	SL	10,0 a	Congelada	8,7 b
PS	9,0 a	SO	7,7 d		
PC	9,2 a	SQ	9,1 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Não há uma justificativa para haver diferença entre a umidade de pães de queijo fabricados com os diferentes tipos de polvilho. Os valores médios são próximos e podem ter sido considerados diferentes pela maior precisão do teste estatístico utilizado.

A substituição do leite pela água resultou em maior umidade do miolo, que pode estar relacionada à maior extensão da gelatinização do amido. A ausência do queijo também deixa a massa com maior teor de líquidos e já era esperado que pães SO fossem os menos úmidos. Estes resultados de umidade do miolo foram parecidos com os resultados de teores de umidade, nos quais pães de queijo de formulação SL também se apresentaram mais úmidos, seguidos pelos FC e SQ e, finalmente, SQ.

A massa não-congelada conservou mais a umidade dos ingredientes do que a massa congelada, podendo ter ocorrido perdas devido ao processo lento de congelamento utilizado. Na avaliação física deste atributo, o congelamento não apresentou resultados estatisticamente diferentes dos pães preparados com massa não-congelada.

De forma geral, os miolos dos pães de queijo foram considerados mais úmidos do que secos, por meio da análise sensorial.

As Figuras 22 e 23 se referem aos perfis sensoriais dos atributos internos de pães de queijo obtidos de massa não-congelada.

Pode-se notar que quase todos os pães que se destacaram pela maior maciez também se destacaram pela maior elasticidade do miolo, espessura da casca mais fina, miolo mais oco, mediana aderência do miolo à casca e maior umidade do miolo, indicando uma relação entre estes atributos. A mesma observação pode ser considerada para os pães de queijo obtidos de massa congelada, representados nas Figuras 24 e 25.

Nas Figuras 22 e 23, mostra-se que os pães de queijo com PA, PS e PC apresentaram valores diferenciados para os atributos internos, enquanto os pães com PD se apresentaram semelhantes. Apenas PDSL se destacou apresentando maior maciez, elasticidade e umidade do miolo.

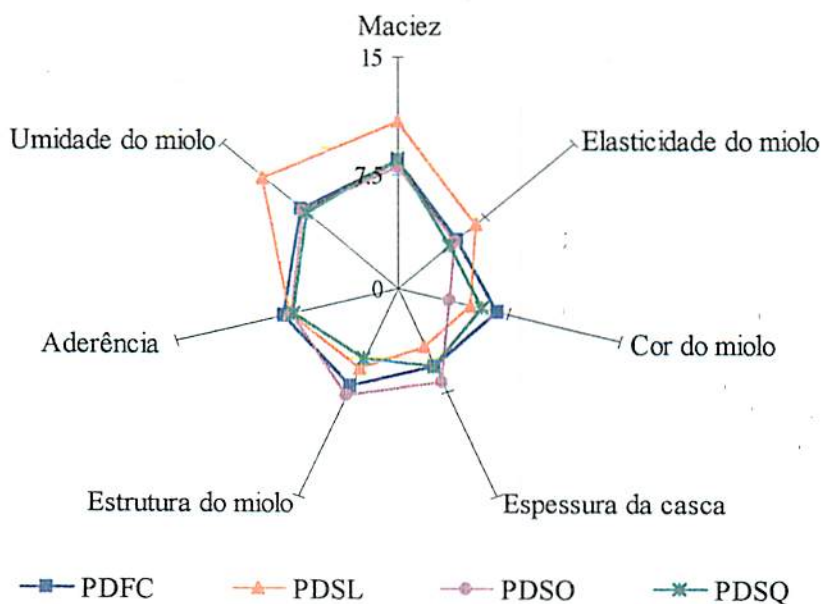
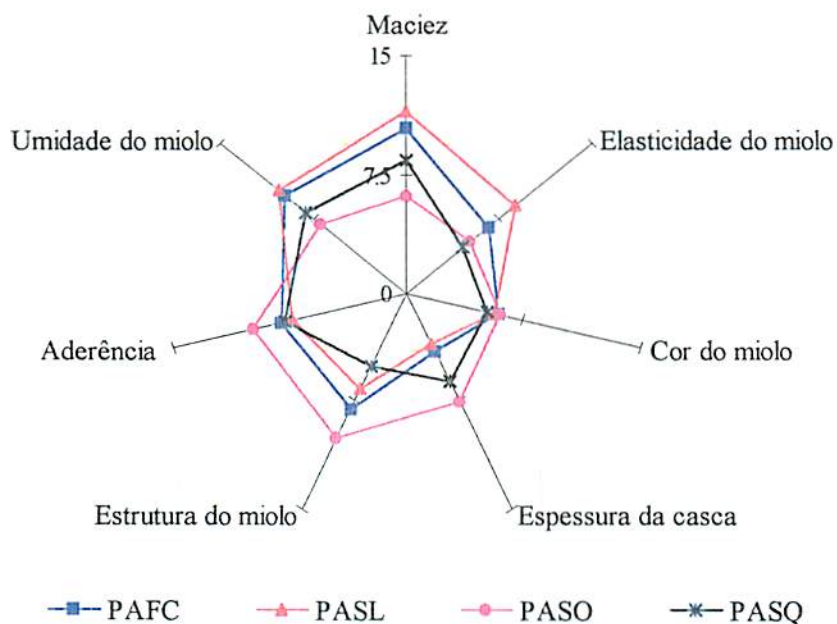


FIGURA 22 Atributos internos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

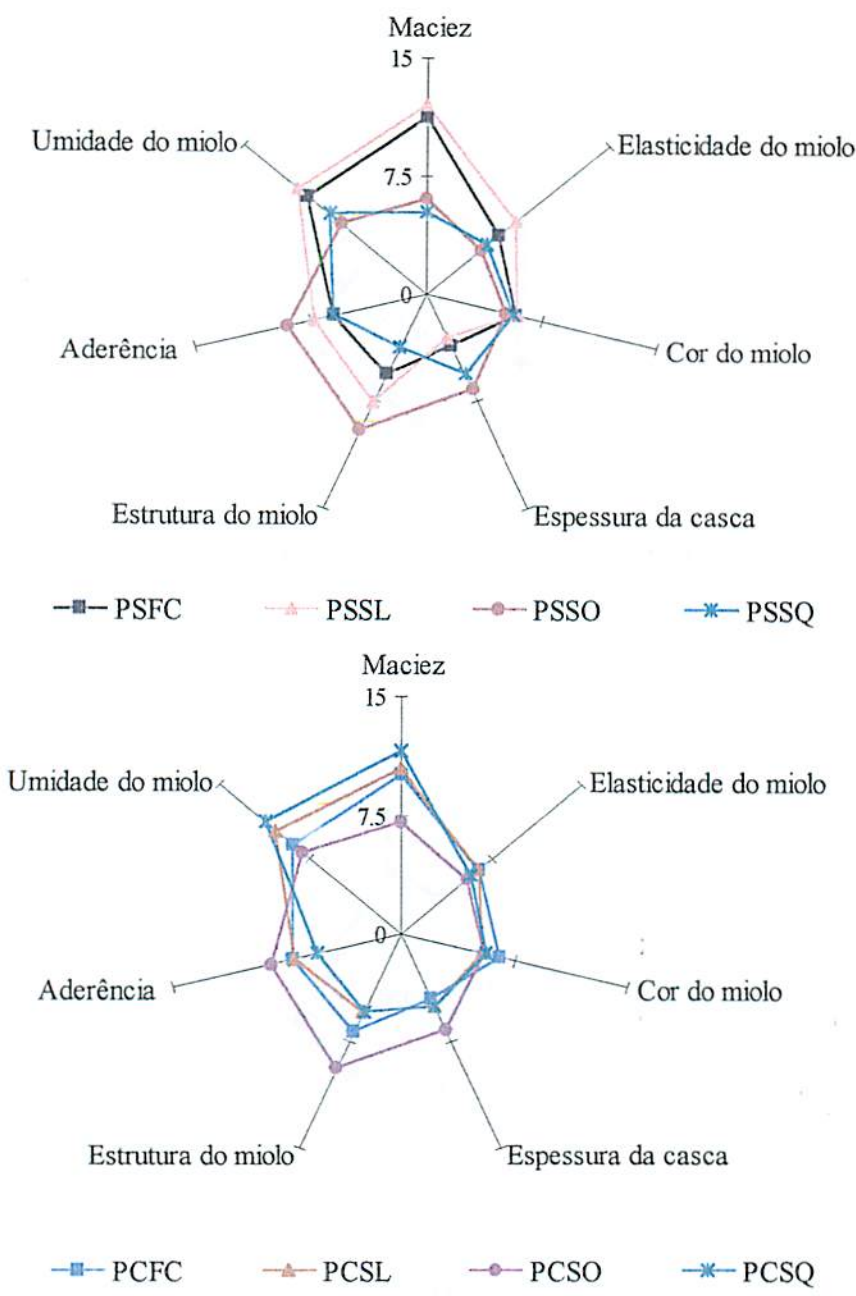


FIGURA 23 Atributos internos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

Os perfis sensoriais dos pães de queijo obtidos de massas congeladas encontram-se nas Figuras 24 e 25.

Assim como nos pães de queijo de massa não-congelada, os de massa congelada apresentaram maior dispersão quanto à intensidade dos atributos para pães com formulação diferente fabricados com PA, PS e PC, sendo que os pães de queijo com PD obtiveram intensidades próximas.

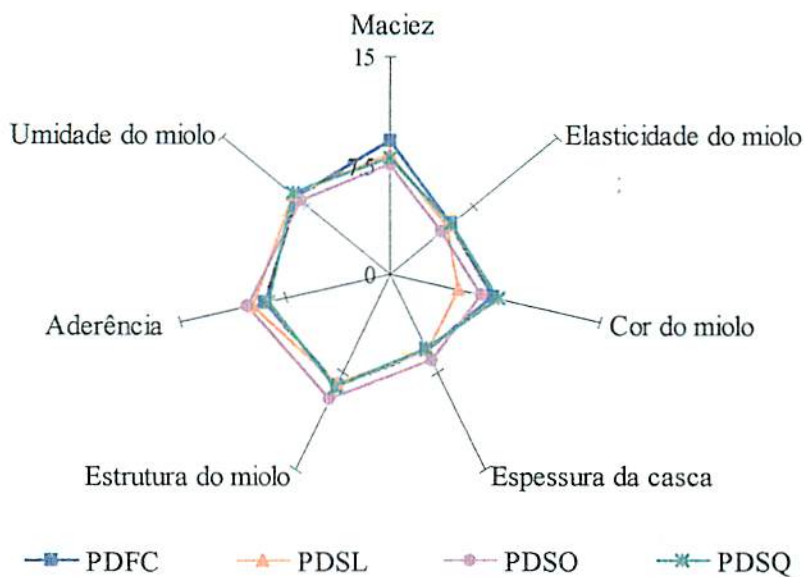
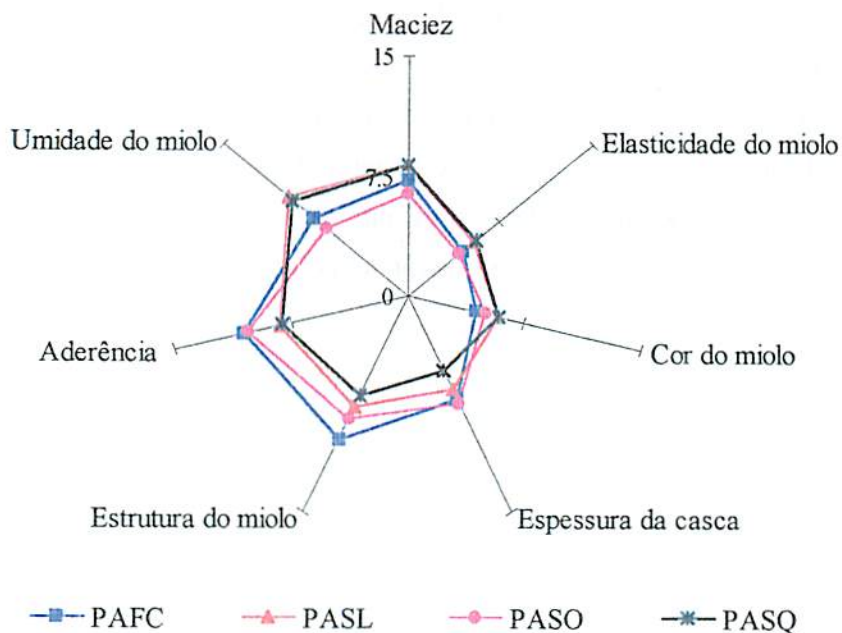


FIGURA 24 Atributos internos dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas congeladas.

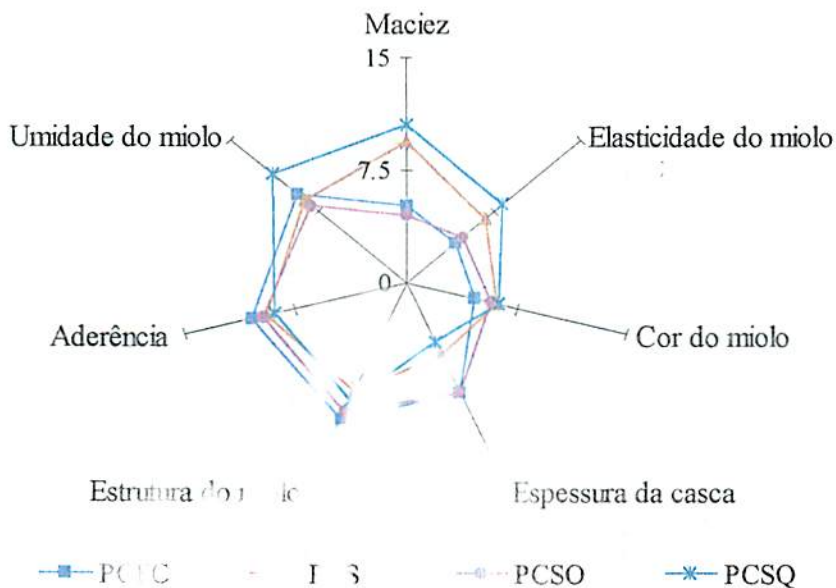
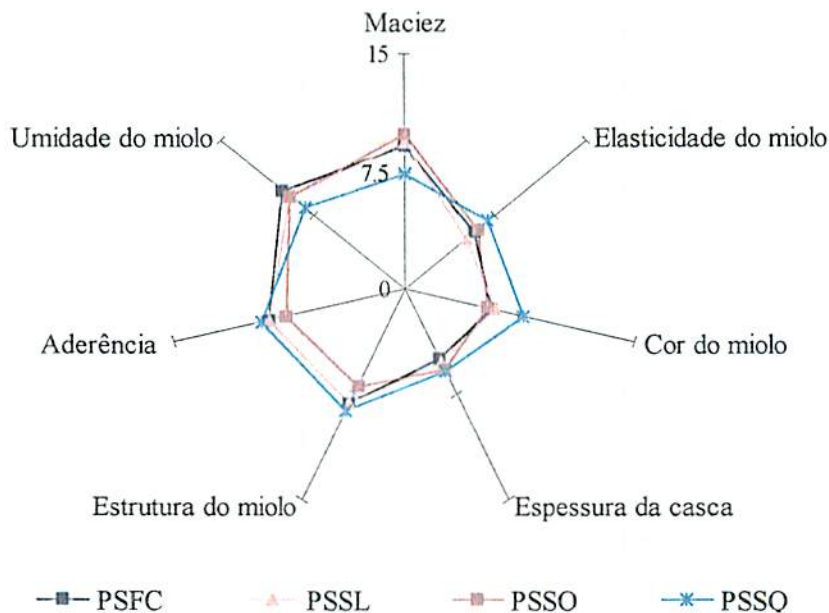


FIGURA 25 Atributos internos de polvilhos de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com os prefixos SL, SO e SQ, de massas congeladas.

4.8.3 Atributos do paladar

4.8.3.1 Crocância dos pães de queijo

Apesar de crocância não ser um atributo normalmente relacionado a pães de queijo, em reunião prévia realizada com os provadores para se selecionar os atributos que fariam parte da análise sensorial do pão de queijo, a maioria dos provadores achou que este era um atributo importante e que deveria ser considerado.

Nem os tipos de polvilho e nem o congelamento foram relacionados com as diferenças apresentadas pelas amostras quanto a este atributo. Houve diferença significativa causada pelas formulações, sendo que os pães produzidos com SO se apresentaram um pouco mais crocantes do que os outros (Tabela 82). O fato deste tipo de pão apresentar uma casca mais grossa e mais seca, portanto mais crocante, pode ter sido a causa dessa percepção ter sido evidenciada para essa formulação.

TABELA 82 Valores médios atribuídos à crocância¹ (pouca-muita) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	4,3 a	FC	3,9 b	Não-congelada	4,1 a
PD	4,1 a	SL	3,9 b	Congelada	4,3 a
70	4,1 a	SO	5,1 a		
50	4,2 a	SQ	3,9 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.2 Sabor de polvilho dos pães de queijo

Os provadores analisaram o sabor de polvilho nas amostras de pão de queijo. Este sabor também foi relacionado pelos provadores com o sabor de mandioca crua e foi classificado de fraco a forte.

Os pães feitos com os diferentes tipos de polvilho tiveram a mesma classificação. Os pães com formulação SL apresentaram sabor mais fraco, assim como os pães com massa não-congelada (Tabela 83). O congelamento das massas pode ter concentrado os ingredientes sólidos, realçando o sabor do polvilho.

TABELA 83 Valores médios atribuídos ao sabor de polvilho¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	7,0 a	FC	6,4 a	Não-congelada	6,3 b
PD	6,6 a	SL	5,8 b	Congelada	6,8 a
PS	6,1 a	SO	6,9 a		
PC	6,4 a	SQ	6,9 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.3 Sabor de queijo dos pães de queijo

O sabor de queijo também foi analisado pelos provadores e classificado de fraco a forte. Como era de se esperar, a formulação SQ apresentou uma menor nota e os pães das outras formulações não apresentaram diferenças significativas nesta classificação (Tabela 84). Pães de massa não-congelada também apresentaram um pouco mais de sabor de queijo do que os de massa

congelada. Inicialmente, pensou-se que os pães feitos com polvilho PA se apresentariam com mais sabor de queijo que os demais, pelo fato de o gosto ácido do polvilho poder ser confundido com a acidez do queijo, mas isto não aconteceu. O queijo parmesão utilizado no preparo das amostras foi maturado até 60 dias e não apresentava um odor e sabor tão fortes como os encontrados em queijos mais maturados.

Os pães de queijo deste experimento foram considerados com fraco sabor de queijo pelos provadores.

TABELA 84 Valores médios atribuídos ao sabor de queijo¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	4,1 a	FC	4,6 a	Não-congelada	4,5 a
PD	4,0 a	SL	4,5 a	Congelada	4,0 b
PS	4,3 a	SO	4,6 a		
PC	4,5 a	SQ	3,3 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.4 Sabor de ovo dos pães de queijo

Pela observação da Tabela 85 notamos que o sabor de ovo não foi evidenciado nas amostras em estudo, pois os valores atribuídos pelos provadores foram baixos. A falta do leite e do queijo parecem ter realçado o sabor do ovo, uma vez que estes dois ingredientes também possuem sabores bem pronunciados. A massa não-congelada também contribui para uma melhor percepção do sabor do ovo nos pães de queijo.

TABELA 85 Valores médios atribuídos ao sabor de ovo¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	3,0 a	FC	2,6 b	Não-congelada	3,1 a
PD	2,8 a	SL	3,2 a	Congelada	2,6 b
PS	3,0 a	SO	2,6 b		
PC	2,8 a	SQ	3,1 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.5 Sabor de óleo dos pães de queijo

O sabor de óleo foi julgado fraco pelos provadores e não houve diferenças significativas entre as notas dadas à percepção deste atributo em relação às variáveis tipos de polvilho, formulações e tipos de massa. As amostras fabricadas com formulação sem leite (SL) pareciam com um sabor maior de óleo, mas isto não foi significativo ($P < 0,05$), como pode ser comprovado pelos dados da Tabela 86.

TABELA 86 Valores médios atribuídos ao sabor de óleo¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,2 a	FC	4,8 a	Não-congelada	4,7 a
PD	4,6 a	SL	5,1 a	Congelada	5,1 a
PS	4,8 a	SO	4,6 a		
PC	4,9 a	SQ	5,0 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.6 Gosto salgado dos pães de queijo

O gosto salgado dos pães de queijo foi considerado ameno pelos provadores. A Tabela 87 mostra que os tipos de polvilho não influenciaram nas respostas dadas, mas quanto à formulação o queijo provou ser um ingrediente com uma grande contribuição para este gosto. Isto ressalta a importância de se verificar o conteúdo de sal do queijo utilizado, quando se determina a quantidade de sal que fará parte da lista de ingredientes. O congelamento também pareceu ter realçado o gosto salgado dos pães de queijo, o que pode ter sido por causa da perda de água que ocorre no processo, fazendo com que os sólidos ficassem mais concentrados na massa.

TABELA 87 Valores médios atribuídos ao gosto salgado¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,3 a	FC	5,4 a	Não-congelada	5,0 b
PD	5,1 a	SL	5,3 a	Congelada	5,4 a
PS	5,1 a	SO	5,6 a		
PC	5,5 a	SQ	4,6 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.7 Sabor residual nos pães de queijo

O sabor residual foi definido pelos provadores como sendo qualquer sabor que permaneceu na boca após a degustação do pão de queijo. Este sabor residual poderia ser de polvilho, queijo, ovo, óleo, sabor salgado e até mesmo de substâncias estranhas às formulações utilizadas como mandioca, mofo, ranço, manteiga, etc.

Mesmo não havendo diferenças significativas entre os dados atribuídos ao sabor residual apresentados pelos provadores em relação às variáveis em estudo, pela Tabela 88 pode-se verificar que estes valores foram consideráveis, apesar de serem inferiores a 7,5. Contudo, são bem maiores do que os valores dados para o sabor de queijo ou de ovo, por exemplo.

Não foi solicitado aos provadores que relacionassem o sabor residual e só alguns o fizeram. O que se pediu a eles foi que apenas que marcassem, na escala não-estruturada, a intensidade com que o sabor foi percebido. Portanto não foi possível concluir se o sabor residual encontrado nestas amostras de pães de queijo foi uma característica positiva ou não. Não existem informações sobre

o fato de a percepção de algum sabor após a ingestão do produto ter sido considerada agradável ou não.

TABELA 88 Valores médios atribuídos ao sabor residual¹ (fraco-forte) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e o dos tipos de massa

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	5,9 a	FC	6,0 a	Não-congelada	5,7 a
PD	5,8 a	SL	5,6 a	Congelada	6,2 a
70	6,1 a	SO	6,4 a		
50	5,9 a	SQ	5,8 a		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

4.8.3.8 Sabor e aroma típicos dos pães de queijo

Este atributo constituiu da idéia própria que cada provador já possuía, mesmo antes do treinamento, sobre o sabor e o aroma de um pão de queijo. Ao degustar cada amostra, o provador a comparou com um padrão pessoal previamente estabelecido.

Pelas informações da Tabela 89, observa-se que não houve diferença significativa em relação aos tipos de polvilho e que as formulações SO e SQ e a massa congelada propiciaram produtos mais atípicos que os demais.

Em geral, os pães de queijo deste experimento foram considerados pelos provadores como atípicos no que se refere ao sabor e ao aroma.

TABELA 89 Valores médios atribuídos ao sabor e ao aroma¹ (atípico-típico) dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Tipos de polvilho		Formulações		Tipos de massa	
PA	6,1 a	FC	6,8 a	Não-congelada	7,1 a
PD	6,4 a	SL	7,2 a	Congelada	5,9 b
PS	6,8 a	SO	6,2 b		
PC	6,6 a	SQ	5,8 b		

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott (5%).

Os atributos sensoriais relacionados ao paladar dos pães de queijo obtidos com massa não-congelada encontram-se nas Figuras 26 e 27 e para os dos pães de queijo obtidos com massa congelada nas Figuras 28 e 29.

Nas amostras com massa não-congelada e nos tipos de polvilho PA, PS e PC, os pães de queijo com formulação SO apresentaram maior crocância, sendo que estes pães se apresentaram mais duros, com menos umidade do miolo e com a casca mais grossa, como mostram as Figuras 22 e 23. A percepção dos sabores dos ingredientes foi mais ou menos acentuada de acordo com a formulação, sendo que, de forma geral, o sabor de polvilho foi mais forte nas formulações SQ e menos acentuado nas SL. Os pães com formulações SQ, além de apresentarem menos sabor de queijo, foram inferiores quanto ao sal e ao sabor e aroma típicos. As formulações FC e SO apresentaram valores próximos para a maioria dos atributos relacionados a sabor, indicando que a ausência do ovo não alterou muito o sabor dos pães de queijo.

Os pães de queijo obtidos de massa congelada, mostrados nas Figuras 28 e 29, apresentaram comportamento e intensidade de sabores de acordo com cada formulação.

Os pães de queijo com PASL apresentaram menos sabor residual. Nos pães com PD, a formulação SQ alcançou maior valor para sabor e aroma típicos do que PDFC. Os pães com PSFC apresentaram mais sabor de queijo e de sabor e aroma típicos do que as outras formulações partindo dos mesmos tipos de polvilho. As amostras com PD não apresentaram grandes diferenças quanto aos sabores dos pães de queijo.

Considerando as Figuras 26, 27, 28 e 29, observa-se que os pães de queijo fabricados com o mesmo tipo de polvilho e com a mesma formulação apresentaram valores diferentes para os atributos relacionados ao paladar, dependendo de terem sido obtidos de massa não-congelada ou de massa congelada.

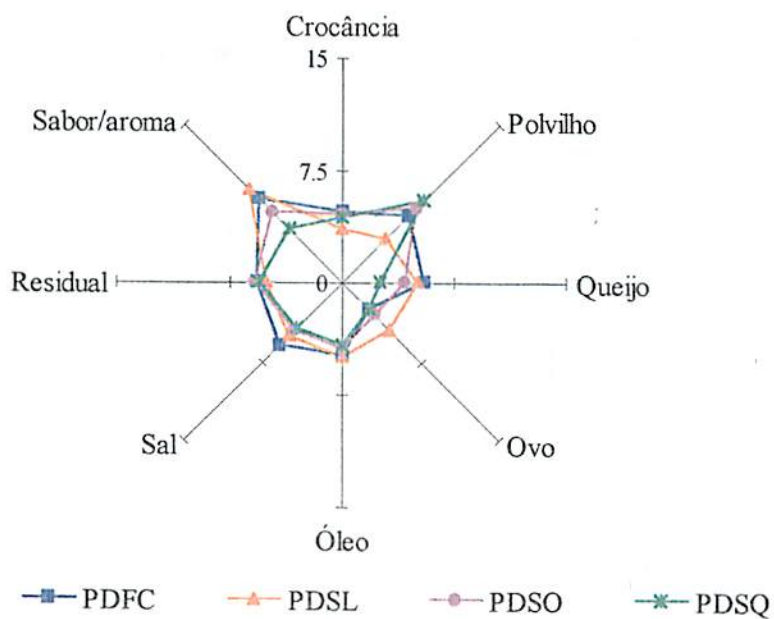
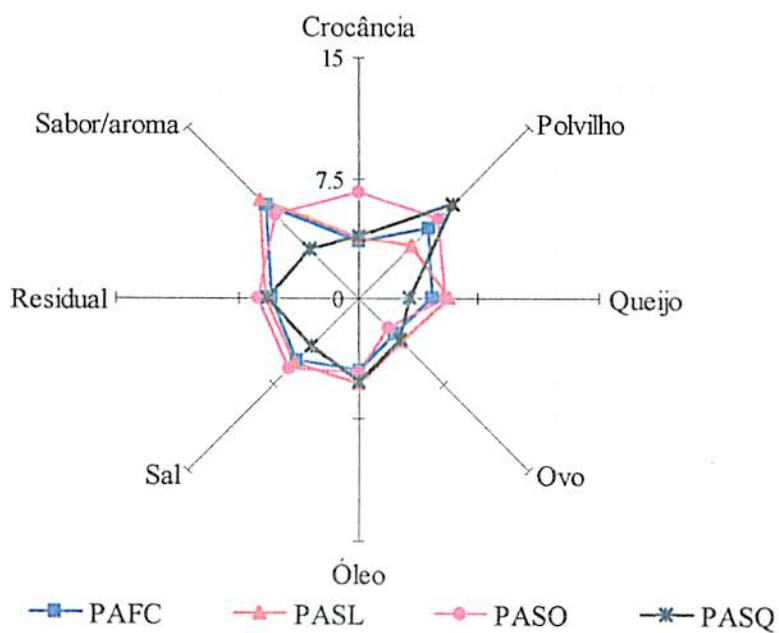


FIGURA 26 Atributos de paladar dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

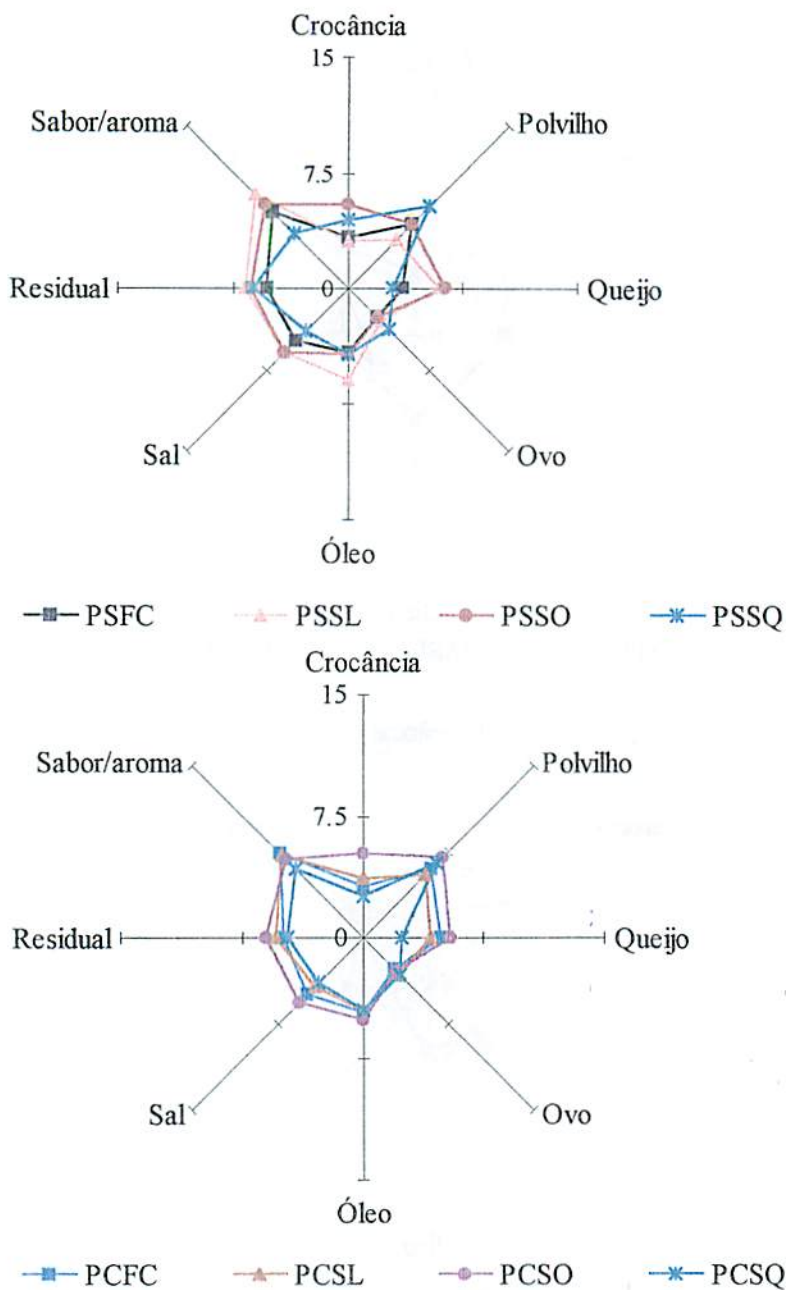


FIGURA 27 Atributos de paladar dos pães de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas não-congeladas.

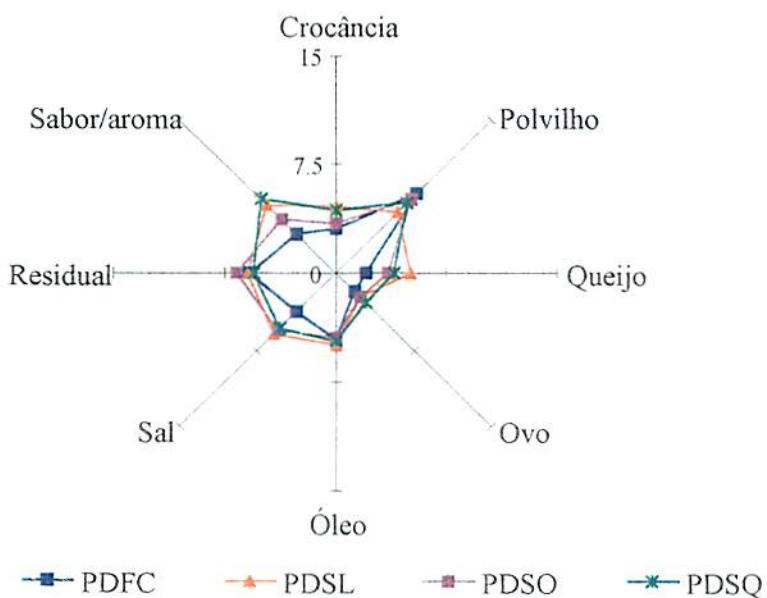
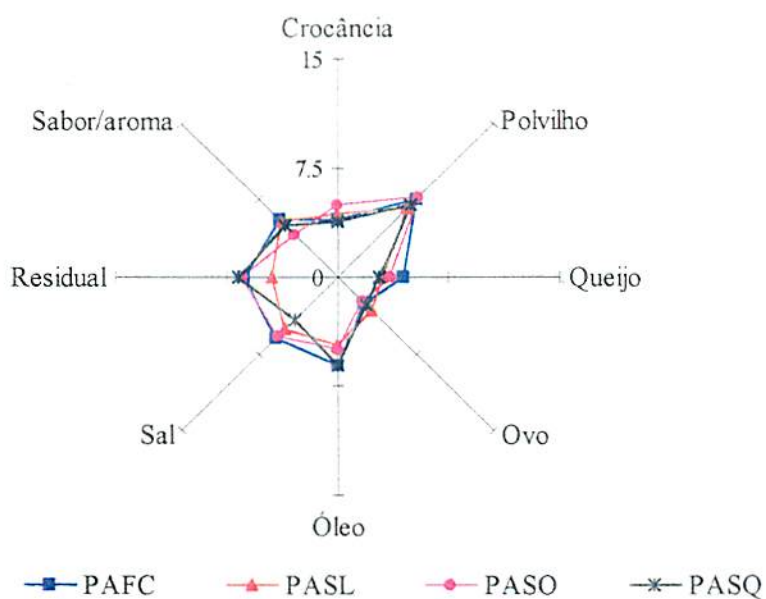


FIGURA 28 Atributos de paladar dos pães de queijo fabricados com polvilhos PA e PD, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas congeladas.

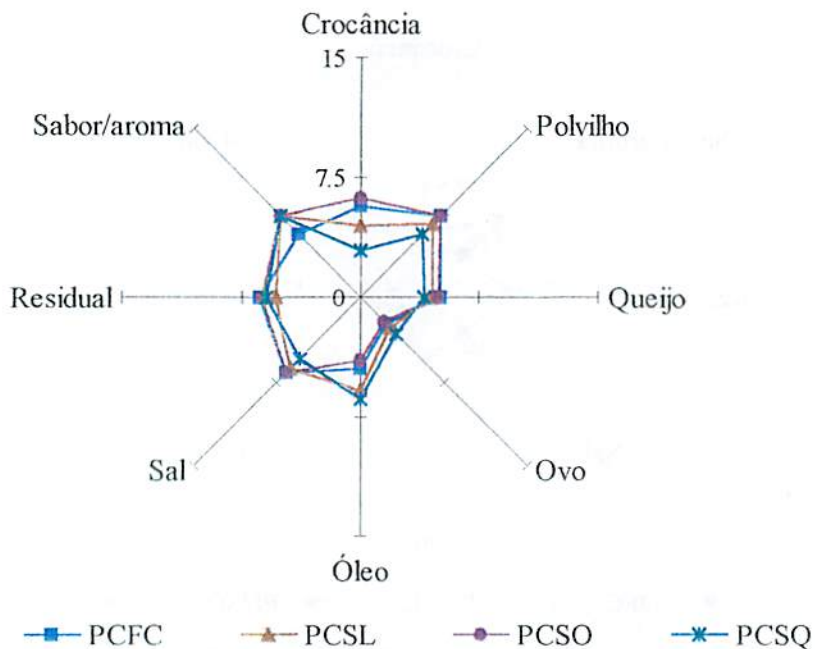
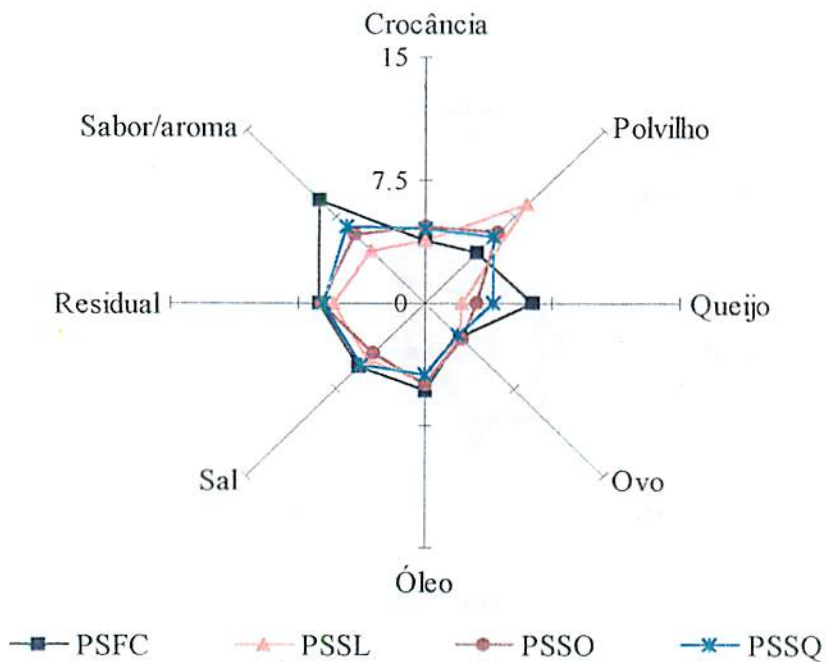


FIGURA 29 Atributos de paladar dos pães de queijo fabricados com polvilhos PS e PC, com formulações FC, SL, SO e SQ, de massas congeladas.

5 CONCLUSÕES

Os tipos de polvilho estudados apresentaram características de umidade, pH, acidez titulável e densidade dentro dos padrões normais. O polvilho doce apresentou uma curva de viscosidade com valores maiores do que os apresentados pelo polvilho azedo, sendo que as misturas de polvilho apresentaram valores intermediários e todos os tipos de polvilho apresentaram características viscoamilográficas próprias para uso em formulações de pão de queijo.

A consistência das massas, acompanhada pelas curvas obtidas no farinógrafo Brabender, mostrou um mesmo perfil para todas as massas: durante o esaldamento houve uma grande elevação da consistência; a adição do ovo provocou uma queda drástica desta consistência, hidratando mais a mistura e conferindo-lhe mais elasticidade e maleabilidade, tendo a adição do queijo causado uma nova elevação da consistência da mistura, tornando-a em condições de ser moldada. A consistência das massas foi mais afetada pelas formulações, sendo que as massas sem leite apresentaram os maiores registros e também as maiores variações a cada ingrediente adicionado. Formulações sem ovo foram as mais consistentes e as sem queijo as menos consistentes. A consistência final também dependeu mais das formulações, sendo que as formulações completa e sem queijo apresentaram menor consistência do que as sem leite e sem ovo.

Pães de queijo produzidos com polvilho azedo apresentaram menor pH e maior acidez titulável, resultado este inverso aos apresentados por pães de queijo produzidos com polvilho doce.

Os pães de queijo que foram produzidos com formulação completa apresentaram maior conteúdo de proteína e menor valor de acidez titulável; pães

de queijo sem leite na formulação apresentaram maior umidade do pão e do miolo e maior conteúdo de cinza; pães de queijo sem ovo apresentaram menor umidade do miolo e menor acidez titulável e os pães sem queijo se destacaram pelo valor de pH.

Pães com formulação completa e sem leite apresentaram um bom crescimento, mais uniforme; pães sem queijo também apresentaram um bom índice de expansão e menor densidade, porém, não ficaram tão arredondados. Por outro lado, as formulações sem ovo produziram pães que quase não cresceram, apresentando maior densidade e menor volume. O congelamento das massas também resultou em pães de queijo mais densos e menos volumosos

A falta do ovo na formulação originou pães muito duros, com uma exigência de força para sua compressão maior do que a capacidade de registro do aparelho utilizado para a análise; pães sem leite exigiram menos força do que pães com formulações completa e sem queijo, que exigiram valores de força de compressão semelhantes. Massas frescas originaram pães de queijo com menores picos de força máxima de compressão do que pães obtidos de massa congelada.

Massas com formulações completa e sem leite (com adequado teor de água) apresentaram-se mais plásticas e originaram pães com boa expansão e boa estrutura de miolo; a formulação sem queijo (excessivamente úmida) resultou numa massa muito pegajosa e mole e pães com estrutura indesejável, apresentando muitas rachaduras, prejudicando seu crescimento uniforme e favorecendo grandes espaços vazios no miolo.

Quanto à análise sensorial, os tipos de polvilho, as formulações e os tipos de massa influenciaram as características externas, internas e de paladar dos pães de queijo.

De todas as características estudadas neste trabalho, verificou-se que a formulação teve a maior influência, sendo que o ovo e o queijo, além da

importância nutricional, desempenharam importante papel na obtenção de massas facilmente moldáveis, originando pães de queijo com boas características estruturais e sensoriais. Massas utilizando água produziram pães de queijo com qualidades bem semelhantes aos pães com leite em sua composição.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.L. **Produção e caracterização de massa de pizza pré-assada e congelada.** Viçosa: UFV, 1995. 88p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- AI, que saudades do Brasil. *Veja*, São Paulo, v.1671, n.42, p. 38, out. 2000. Seção Holofote.
- ALLEONI, A.C.C. **Efeito da temperatura e do período de armazenamento na qualidade do ovo, nos teores de s-ovalbumina e nas propriedades funcionais das proteínas da clara do ovo.** Campinas: UNICAMP, 1997. 104p. (Dissertação – Mestrado em Ciência da Nutrição).
- AMANTE, E.R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoea batatas*).** Viçosa: UFV, 1986. 1096p. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- ARIAS, L.V.B. Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo.** Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p. 1-14.
- ASCHERI, D.P.R. **Acompanhamento do processo fermentativo através das características do polvilho e dos biscoitos elaborados.** Lavras: ESAL, 1992. 92p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho de mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.2, p. 269-279, fev. 1995.
- ASQUIERI, E. **Efeitos da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot sculenta*, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas.** Lavras: ESAL, 1990. 105p. (Dissertação - Mestrado em Ciência de Alimentos).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS (ABIA). **Compêndio da legislação de alimentos: atos do Ministério da Saúde.** São Paulo, 2000. não paginado.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists..** 15.ed. Washington, 1990. v.2.
- BARBASSA, G.G.; POROZI, M.R.; NETTO, B.D.T.; ÂNGELO, D.J. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p. 115.
- BENNION, E.B.; BAMFORD, G.S.T. **The technology of cake making.** Warcester: Billing, 1973. 389p.
- BERNUSSI, A.L.M. **Efeito da combinação do assamento convencional e energia de microondas na qualidade tecnológica de biscoito semi-doce duro.** Campinas: UNICAMP, 1996. 185p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia de Alimentos).
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos.** 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. 151p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Resolução n. 66/71 do Conselho Nacional do Comércio Exterior. Normas de classificação dos produtos amiláceos exportáveis. In: MATTOS, M. da C. **Normas de padronização e classificação.** Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Agropecuária/Divisão de Produção Vegetal/Serviço de Padronização e Classificação Vegetal, 1993. p. 99-105.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pelo CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, p. 1, 24 jul. 1978. Seção 1.
- CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULÉON, A.; RICHARD-MOLARD, D. Functional properties of sour cassava (Maninhot utilissima) starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v.45, n.3, p. 273-289, 1988.
- CÁRDENAS, O.S.; BUCKLER, T.S. Sour cassava starch production. A preliminary study. **Journal Food Science**, Chicago, v.45, n.6, p. 1509-1512, 1980.
- CARVALHO, E.P. de. **Determinação da microbiota do polvilho azedo.** Campinas: UNICAMP, 1994. 363p. (Tese- Doutorado em Ciência dos Alimentos).

- CANAVESI, E.; PIROZI, M.R.; MACHADO, P.T.; MINIM, V.P.R. Efeito da concentração dos ingredientes nas características físico-químicas do pão de queijo. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. Resumos... Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p. 39.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E FEIJÃO. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (CNPMP/EMBRAPA). *Mandioca e fruticultura: produção nacional* [on line]. 2000. Disponível: <http://www.cnpmf.embrapa.br/mandioca.htm>. [capturado em outubro de 2000].
- CEREDA, M.P. *Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula da mandioca*. Botucatu: USP/Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1973. 89p. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).
- CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade de fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I. Características viscosográficas e absorção de água. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.3, n.2, p. 7-13, 1985.
- CEREDA, M.P. Determinação da viscosidade em fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.17, n.1, p. 15-24, 1983.
- CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v.13, n.145, p. 63-68, 1987.
- CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural da fécula de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.6, n.1, p. 29-33, 1987.
- CEREDA, M.P.; LIMA, V. de A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II. Controle das fermentações realizadas em laboratório. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.15, n.2, p. 107-122, 1981.
- CHAVES e VIOTTO, W.H.; GROSSO, C.R.F. Proteolysis and functional properties of mozzarella cheese as affected by refrigerated storage. *Journal of Food Science, Oxford*, v.64, n.2, p. 202-205, 1999.
- CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. *Proteínas alimentarias: bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional modificaciones químicas*. Zaragoza: Acribia, 1989. 346p.

- CHUZEL, G. Almidón de yuca, uso actual y potencial. **Yuca Boletín Informativo**, Cali, v.15, n.1, p. 9-11, 1991.
- CIACCO, C.F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152p. (Série Tecnologia Industrial).
- COCUP, R.O.; SANDERSON, W.B. Functionality of dairy ingredients in bakery products. **Food Technology**, Chicago, v.41, n.9, p. 86-90, 1987.
- D'APPOLONIA, B.L. Effects of bread ingredients on starch-gelatinization properties as measured by the amylograph. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.49, p. 533-543, 1972.
- D'APPOLONIA, B.L.; MacARTHUR, L.A. Effect of ingredients on continuous bread-crumbs pasting characteristics. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.51, p. 195-203, 1974.
- EL-DASH, A.A.; CAMARGO, C. de O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 349p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6).
- FERREIRA, D.F. **Programa Sisvar.exe: sistema de análise de variância**. Versão 3.04. [S.l.: s.n], [19--?]. não paginado.
- FERREIRA, M.E. **Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Lavras: ESAL, 1986. 101p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- FIGUEROA, C. **Fermentación del almidón de yuca**. Cali: Universidad del Valle/Facultad de Ciencias. 1991. 97p. (Tese – Doutorado em Ciência dos Alimentos.).
- FORSYTHE, R.H. Chemical and physical properties of eggs and egg products. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v.8, p. 309-312, 1963.
- FRANCO, C.M.L. **Contribuição ao estudo da estrutura do grânulo de amido de milho: tratamento térmico, hidrólise enzimática e permeação em gel**. Campinas: UNICAMP, 1993. 137p. (Tese – Doutorado Tecnologia dos Alimentos).
- FRANCO, C.M.L.; TAVARES, D.Q. Estudos microscópicos dos amidos de mandioca natural e fermentado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Trabalhos apresentados...** São Paulo: Sonopress - Rimo Indústria e Comércio Fonográfico Ltda, 1998. n.320, 1 CD-ROM.

- FRENCH, D. Chemical and biochemistry of starch. In: WHEAN, W.J. (ed.). **Biochemistry of carbohydrates**. London: Butter Worths, 1975. p. 267-335.
- GHIASI K.; HOSENEY, R.C.; VARRIANO-MARSTON, E. Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.59, n.2, p. 81-85, 1982.
- HOSENEY, R.C.; LINEBACK, R.R.; SEIB, P.A. Role of starch in baked foods. **The Bakers Digest**, Chicago, v.57, p. 65-70, 1983.
- JESUS, C.C. de. **Contribuição para a caracterização físico-química e sensorial do pão de queijo**. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Farmácia, 1997. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).
- LEACH, H.W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E. F. (eds.). **Starch: chemistry and technology**. New York: Academic Press, 1965. v.1, cap. 12, p. 289-307.
- LEME, L.L. Ovos pasteurizados resfriados e desidratados e sua importância. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p. 29-41.
- LOURES, A. **Obtenção, caracterização e utilização de farinha de banana (*Musa sp*) em panificação**. Belo Horizonte: UFMG, 1989. 132p. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).
- MACHADO, L.M.P. **Pão sem glúten: otimização de algumas variáveis de processamento**. Campinas: UNICAMP, 1996. 186p. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- MACHADO, P.T.; MINIM, V.P.R.; CANAVESI, E.; PIROZI, M.R. Aplicação da análise descritiva quantitativa na avaliação dos efeitos dos ingredientes nas propriedades sensoriais do pão de queijo. In: **SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p. 145-146.
- MAGALHÃES, F.A.R. **Métodos descritivos e avaliação sensorial de doce de leite pastoso**. Viçosa: UFV, 1996. 83p. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

- MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J.; DITE, F.E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.34, n.3, p. 141-152, 1957.
- MEDCALF, D.G.; GILLES, K.A.A. The function of starch in dough. *Cereal Science Today*, Minneapolis, v.13, n.10, p. 6, 1968.
- MELLADO, M.M.S. Efeito de algumas variáveis do processo de panificação da massa congelada na estabilidade da massa estocada e na qualidade do pão. Campinas: UNICAMP, 1992. 148p. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia dos Alimentos).
- MEUSER, F.; SOLNIK, H.D. Comparison of starch extration from tapioca chips, pellets and roots. *Starch Starke*, Weinheim, v.30, n.9, p. 299-306, Sept. 1978.
- NAKAMURA, I.N. Contribuição ao estudo da fécula de mandioca fermentada. Campinas: UNICAMP, 1975. 79p. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- NAKAMURA, I.N.; MORAIS, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre a tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicação. *Científica*, Jaboticabal, v.4, n.2, p. 196-202, 1976.
- NAKAMURA, I.N.; PARK, Y.K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch (“polvilho azedo”). *Die Starke*, Weinheim, v.27, n.9, p. 295-297, Sept. 1975.
- OLIVEIRA, J.S.de. *Queijo: fundamentos tecnológicos*. Campinas: Ícone, 1986. 146p.
- OLORUNDA, A.O.; AWORTH, O.C.; NUNFOR, F.A. Technical ote: predicting quality of cassava products with the aid of cheical and rheological properties. *Journal Food Technology*,: Oxford, v.16, n.4, July/Aug. 1981.
- PACHECO, J.A. de C. Alterações de qualidade de fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v.12, n.7/9, p. 297-298, jul./set. 1952.
- PACHECO, J.A. de C. Observações preliminares sobre a influência da variedade de mandioca na viscosidade do polvilho. *Revista de Agricultura*, Campinas, v.25, n.11/12, p. 337-366, nov./dez. 1950.

- PEREIRA, A.J.G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo.** Belo Horizonte: CETEC, 1998. 52p.
- PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C. de; FERREIRA, F.L.; LABODSIÈRE, L.H.E.S.; ROCHA, R. de C.F.; JOKL, L. **Caracterização física e química, do pão-de-queijo assado comercializado em Belo Horizonte, Minas Gerais.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 1999, Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999a. p. 25.
- PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C. de; LABODSIÈRE, L.H.E.S. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do pão de queijo.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1995. p. 63.
- PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C. de; LABODSIÈRE, L.H.E.S. **Influência do tipo de polvilho e das condições de gelatinização sobre a qualidade do pão de queijo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 1996, Poços de Caldas. **Resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996. p. 3.
- PEREIRA, J.; CIACCO, C.F.; VILELA, E.R.; TEIXEIRA, A.L. de S. **Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.19, n.2, p. 287-293, maio/ago. 1999b.
- PEREIRA, R.G.F.A. **Avaliação da qualidade do polvilho durante a fermentação em diferentes meios, com e sem adição de inóculos.** Lavras: ESAL, 1994. 73p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PIZZINATTO, A. **Processo de fabricação de pão de queijo.** In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo.** Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p. 87-101.
- PLATA OVIEDO, M.S.V. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas.** Campinas: UNICAMP, 1998. 114p. (Tese – Doutorado em Tecnologia de Alimentos).

- PLATA OVIEDO, M.S.V.; CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p. 56-65, jan./jul. 1995.
- POWRIE, W.D.; NAKAI, S. Characteristics of edible fluids of animal origin: eggs. In: FENNEMA, O.R. (ed.). **Food chemistry**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 829-855.
- RADLEY, J.A. **Industrial uses of starch and its derivatives**. London: Applied Science, 1976. 286p.
- RIVERA, H.H.P. **Fermentação de amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz): avaliação e caracterização do polvilho azedo**. Viçosa: UFV, 1996. 131p. (Tese – Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- ROMANIELLO NETO, A. **Fracionamento da gordura do leite para utilização na fabricação de pão de queijo**. Lavras: UFLA, 2000. 60p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ROSENTHAL, F.R.T.; BARBOSA, C.M.; MELLO, A.P.; SILVA, S.M.O. Amidos de mandioca. I. Características dos grânulos de 11 variedades procedentes do Estado de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.44, n.1, p. 55-60, 1972.
- ROSENTHAL, F.R.T.; MELLO, A.P.; PELEGRINO, S.L.; NAKAMURA, T. Amidos de mandioca. II. Estudos de estrutura em variedades de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Rio de Janeiro, v.4, n.1/2, p. 7-17, mar./jun. 1973.
- ROSENTHAL, F.R.T.; NAKAMURA, T.; ESPINDOLA, A.M.C.; JOCHIMECK, M.R. Structure of starch granules. 3. Some considerations on leguminosae and tuberosae. **Die Starke**, Weinheim, v.26, n.6, p. 50-56, 1974.
- SAITO, S.; PASQUINI, A.F.S.; FRANCO, C.M.L. Propriedades físico-químicas dos amidos de mandioca e batata doce fermentados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, 1996, Poços de Caldas. **Resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 1996. p. 48.
- SARMENTO, S.B.S. **Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de uso industrial**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 103p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).

- SCHOCH , T.J.; MAYWALD, E.C. Preparation and properties fo various legume starches. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.45, n.6, p. 564-573, 1968.
- SCHOCH, T.J.; LEACH, W.H. Determination of absolute density liquid displacement. In: WHESTLES, R.L.; WOLFRON, M.L. (eds.). *Methods in carbohydrates chemistry*. New York: Academic Press, 1964. v.4, p. 101-103.
- SEGALL, S.D. **Utilização de farinhas mistas na formulação de bolos**. Viçosa: UFV, 1994. 104p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- SILVA, P.H.F. da; PEREIRA, D.B.C.; OLIVEIRA, L.L. de; COSTA JÚNIOR, L.C.G. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. Juiz de Fora: Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 1997. cap.5, 106p.
- SWAISGOOD, H.E. Characteristics of edible of animal origin: milk. In: FENNEMA, O.R. (ed.). *Food chemistry*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 791-827.
- TELIS, V.R.N. **Estudo das alterações estruturais na gema de ovo durante o congelamento**. Campinas: UNICAMP, 1996. 148p. (Tese - Doutorado em Engenharia de Alimentos).
- VILELA, E.R.; FERREIRA, M.E. Tecnologia de produção e utilização de amido de mandioca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.145, p. 69-74, 1987.
- VILPOUX, O.; CEREDA, M.P. Caracterização das fecularias no Brasil: relatório do Programa STD3 da Comunidade Européia “Valorização dos produtos e sub-produtos da mandioca”. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, 1994. 88p.
- VITTI, P. A viscosidade do amido e sua importância nos alimentos. *Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.8, p. 6-83, 1967.
- WILLIAMS, S.R. **Fundamentos de nutrição e dietoterapia**. 6.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 664p.

- ZELAYA, M.P. Tecnología y química de almidones nativos y modificados. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo.** Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p. 15-28.
- ZOBEL, H.F. X-ray analysis of starch granules. In: WHISLER, R.L. **Methods in carbohydrates chemistry:** v.4. New York: Academic Press, 1964. p. 109-143.

ANEXOS

ANEXO A

Página

FIGURA 1A	Ficha de análise sensorial dos pães de queijo por Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	201
-----------	--	-----

PERFIL SENSORIAL DE PÃO DE QUEIJO POR ADQ

Nome: _____ Data: ____/____/____ Amostras: _____

Por favor, analise cada amostra e faça um traço vertical na linha, na posição que melhor reflita seu julgamento. Prove quantidade suficiente de amostra e disponha do tempo necessário para avaliar as características. Enxágue a boca entre a avaliação de uma amostra e outra. Obrigada!

Aparência	Boa	Ruim
Cor da casca	Clara	Escura
Formato	Redondo	Achatado
Uniform. da casca	Regular	Irregular
Rachadura	Ausência	Presença
Pontos de queijo	Pouco	Muito
Maciez	Macio	Duro
Elasticidade do miolo	Pouco	Muito
Cor do miolo	Claro	Escuro
Espessura da casca	Fina	Grossa
Estrutura do miolo	Oco	Compacto
Aderência	Pouco	Muito
Umidade do miolo	Umido	Seco
Crocância	Pouco	Muito
Polvilho	Fraco	Forte
Queijo	Fraco	Forte
Ovo	Fraco	Forte
Óleo	Fraco	Forte
Sal	Fraco	Forte
Gosto residual	Fraco	Forte
Sabor/aroma	Típico	Atípico

FIGURA 1 Ficha de análise sensorial dos pães de queijo por ADQ.

TABELA 1B	Valores médios da densidade (g/cm^3), volume específico (cm^3/g), índice de expansão, diâmetro (cm) e área (cm^2) de pães de queijo obtidos de massas não-congeladas, de diferentes tipos de polvilho e diferentes formulações	203
TABELA 2B	Valores médios da densidade (g/cm^3), volume específico (cm^3/g), índice de expansão, diâmetro (cm) e área (cm^2) de pães de queijo obtidos de massas congeladas, de diferentes tipos de polvilho e diferentes formulações.....	204

TABELA 1B Valores médios¹ da densidade (g/cm³), volume específico (cm³/g), índice de expansão, diâmetro (cm) e área (cm²) de pães de queijo obtidos de massas não-congeladas, de diferentes tipos de polvilho e diferentes formulações.

Tipos de polvilho	Formulações	Densidade (cm ³)	Vol.espec (cm ³ /g)	Índice de expansão	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)
PA	FC	0,32 a	3,13 a	1,54 a	4,45 a	161,65 a
	SL	0,46 a	2,85 a	1,47 a	4,43 a	167,81 a
	SO	0,68 b	1,48 b	1,20 b	3,44 b	79,04 b
	SQ	0,43 a	2,34 a	1,45 a	3,82 b	143,60 a
PD	FC	0,33 a	3,10 a	1,38 a	4,45 a	145,92 a
	SL	0,35 a	2,88 a	1,37 a	4,18 a	131,45 a
	SO	0,71 b	1,42 b	1,13 b	3,36 b	63,14 b
	SQ	0,27 a	3,76 a	1,47 a	4,63 a	170,12 a
PS	FC	0,32 a	3,18 b	1,42 a	4,46 b	141,73 a
	SL	0,31 a	3,20 b	1,48 a	4,36 b	184,27 a
	SO	0,65 b	1,55 c	1,22 b	3,45 c	96,14 b
	SQ	0,24 a	4,16 a	1,41 a	4,840 a	146,43 a
PC	FC	0,27 a	3,83 a	1,41 a	4,80 a	167,13 a
	SL	0,36 a	2,82 b	1,46 a	4,26 b	137,03 a
	SO	0,71 b	1,41 c	1,17 b	3,33 c	71,90 b
	SQ	0,28 a	3,65 a	1,51 a	4,60 a	141,71 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, para tipos de polvilho, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

TABELA 2B Valores médios¹ da densidade (g/cm³), volume específico (cm³/g), índice de expansão, diâmetro (cm) e área (cm²) de pães de queijo obtidos de massas congeladas, de diferentes tipos de polvilho e diferentes formulações.

Tipos de polvilho	Formulações	Densidade (cm ³)	Vol.espec. (cm ³ /g)	Índice de expansão	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)
PA	FC	0,41 a	2,43 a	1,37 a	4,08 a	111,63 a
	SL	0,46 a	2,26 a	1,44 a	4,15 a	167,54 a
	SO	0,64 b	1,55 b	1,24 b	3,62 b	87,06 a
	SQ	0,34 a	3,07 a	1,50 a	4,37 a	133,27 a
PD	FC	0,44 a	2,34 b	1,30 b	4,23 a	129,42 a
	SL	0,40 a	2,49 b	1,46 a	4,07 a	114,90 a
	SO	0,63 b	1,60 b	1,17 b	3,72 b	76,01 a
	SQ	0,31 a	3,36 a	1,42 a	4,40 a	95,19 a
PS	FC	0,48 b	2,16 a	1,31 a	3,84 b	91,67 a
	SL	0,44 b	2,35 a	1,34 a	3,91 b	96,27 a
	SO	0,60 c	1,68 b	1,22 a	3,68 b	89,05 a
	SQ	0,31 a	3,21 a	1,41 a	4,44 a	76,77 a
PC	FC	0,42 a	2,54 a	1,41 a	4,18 a	142,83 a
	SL	0,48 a	2,30 a	1,41 a	4,13 a	126,39 a
	SO	0,66 b	1,50 b	1,16 b	3,50 b	69,59 a
	SQ	0,39 a	2,60 a	1,39 a	4,18 a	97,38 a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, para tipos de polvilho, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

TABELA 1C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, pH e acidez titulável dos tipos de polvilho.....	208
TABELA 2C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, cinza, proteína, pH e acidez titulável das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	209
TABELA 3C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	210
TABELA 4C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho e dos tipos de massa.....	211
TABELA 5C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para rendimento e perda das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho e dos tipos de massa.....	212
TABELA 6C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, umidade do miolo, cinza, proteína, pH e acidez titulável dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	213
TABELA 7C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	214

TABELA 1C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, pH e acidez titulável dos tipos de polvilho.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Umidade	pH	Acidez titulável
Tipos de polvilho	3	1,2077*	0,6038*	28,7493*
Erro	32	0,1426	0,0157	0,2660
CV (%)		2,5783	3,4159	8,7267

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

TABELA 1C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, pH e acidez titulável dos tipos de polvilho.....	208
TABELA 2C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, cinza, proteína, pH e acidez titulável das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	209
TABELA 3C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	210
TABELA 4C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho e dos tipos de massa.....	211
TABELA 5C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para rendimento e perda das massas de pão de queijo em função dos tipos de polvilho e dos tipos de massa.....	212
TABELA 6C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, umidade do miolo, cinza, proteína, pH e acidez titulável dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	213
TABELA 7C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	214

TABELA 8C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade, volume específico, índice de expansão, espessura da casca, espessura do fundo, diâmetro e área dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	215
TABELA 9C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, cinza, proteína, pH e acidez titulável das massas e dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	216
TABELA 10C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo das massas e dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	217
TABELA 11C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para peso, diâmetro e altura de pães de queijos crus e assados em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	218
TABELA 12C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para pico de máxima força de compressão dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	219
TABELA 13C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para aparência externa, cor da casca, formato, uniformidade da casca, rachadura na casca e pontos de queijo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	220

TABELA 14C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para maciez, elasticidade do miolo, cor do miolo, espessura da casca, estrutura do miolo, aderência do miolo à casca e umidade do miolo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	221
TABELA 15C	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para crocância, sabor polvilho, sabor de queijo, sabor de ovo, sabor de óleo, gosto salgado, sabor residual e sabor e aroma típicos dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.....	222

TABELA 1C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, pH e acidez titulável dos tipos de polvilho.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Umidade	pH	Acidez titulável
Tipos de polvilho	3	1,2077*	0,6038*	28,7493*
Erro	32	0,1426	0,0157	0,2660
CV (%)		2,5783	3,4159	8,7267

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

TABELA 2B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, cinza, proteína, pH e acidez titulável das massas de pão de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Umidade	Cinza	Proteína	pH	Acidez
Polvilho (A)	3	3,9019*	0,0469ns	3,2866*	2,1768*	28,9550*
Formulações (B)	3	234,2825*	4,1615*	229,0382*	1,4397*	58,1899*
Massa (C)	1	64,8691*	0,0837ns	241,9922*	0,4803*	9,8188*
A x B	9	0,5808ns	0,0734ns	0,8322*	0,3085*	1,6208*
A x C	3	1,6359ns	0,0123ns	1,9633*	0,3976*	3,4856*
B x C	3	7,0010*	0,0154ns	6,6196*	0,0688ns	1,4077*
A x B x C	9	1,8178*	0,0728ns	1,4365*	0,1647ns	0,8918*
Erro	64	0,6342	0,0439	0,2150	0,0889	0,2661
CV (%)		2,1281	6,8383	4,9080	5,2114	7,6505

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 3C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo das massas de pão de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
		Extrato Etéreo
Tipos de polvilho (A)	3	5,6954*
Formulações (B)	3	97,6912*
Tipos de massa (C)	1	5,1964*
A x B	9	0,7745ns
A x C	3	6,4961*
B x C	3	1,7327ns
A x B x C	9	0,6743ns
Erro	64	0,7305
CV (%)		3,2542

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 4C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, em função dos tipos de polvilho e das formulações.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
		Consistência
Tipos de polvilho (A)	3	2320,8334ns
Formulações (B)	3	54636,1112*
A x B	9	5344,9074ns
Erro	32	7156,7708
CV (%)		31,8735

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 5C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para rendimento e perda das massas de pão de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Rendimento	Perda
Tipos de polvilho (A)	3	8,2332 ns	8,2332 ns
Formulações (B)	3	16,0023 *	16,0023 *
A x B	9	5,1929 ns	5,1929 ns
Erro	32	2,9247	2,9247
CV (%)		1,8001	1,8001

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 6C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, umidade do miolo, cinza, proteína, pH e acidez titulável dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Umidade	Umidade do Miolo	Cinza	Proteína	pH	Acidez Titulável
Tipos de polvilho (A)	3	10,0854ns	1,4157ns	0,1820ns	1,9148*	1,8133*	24,8330*
Formulações (B)	3	226,2881*	134,7935*	5,9729*	238,5261*	0,4714*	56,6645*
Tipos de massa (C)	1	50,1473*	3,1365ns	0,0002ns	7,4582*	0,0771*	4,1834*
A x B	9	9,0140ns	5,6116ns	0,1147ns	1,6087*	0,1586*	5,8407*
A x C	3	2,3340*	0,2463ns	0,2708ns	6,1984*	0,0071ns	1,5430*
B x C	3	8,6394ns	8,9220ns	0,1566ns	1,0377*	0,1500*	6,0329*
A x B x C	9	6,9952ns	6,3332ns	0,0697ns	0,4863ns	0,1382*	4,3696*
Erro	64	5,7822	4,4904	0,1254	0,3820	0,0079	0,2202
CV (%)		9,5385	5,9899	9,1755	6,7741	1,5445	7,2514

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 7C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
		Extrato Etéreo
Tipos de polvilho (A)	3	3,9752*
Formulações (B)	3	102,1532*
Tipos de massa (C)	1	29,2111*
A x B	9	1,0412ns
A x C	3	0,9272ns
B x C	3	4,3197*
A x B x C	9	2,5235*
Erro	32	0,5761
CV (%)		4,8714

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 8C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade, volume específico, índice de expansão, espessura da casca, espessura do fundo, diâmetro e área dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Densidade	Volume	Expansão	Esp. Casca	Esp. Fundo	Diâmetro	Área
Tipos de polvilho (A)	3	0,0094ns	0,3859ns	0,0186ns	0,0009ns	0,0250ns	0,0372ns	1367,7205ns
Formulações (B)	3	0,5470*	13,2868*	0,3406*	0,0070ns	0,0066ns	3,9493*	19302,9047*
Tipos de massa (C)	1	0,0446*	5,0096*	0,0273ns	0,0056ns	0,0137ns	0,5177*	18491,7690*
A x B	9	0,0065ns	0,4080ns	0,0041ns	0,0022ns	0,0104ns	0,1558*	1314,8348ns
A x C	3	0,0103ns	0,4565ns	0,0041ns	0,0032ns	0,0187ns	0,1462ns	1913,0738ns
B x C	3	0,0340*	1,1833*	0,0101ns	0,0024ns	0,0027ns	0,5025*	2963,7569ns
A x B x C	9	0,0027ns	0,2402ns	0,0088ns	0,0037ns	0,0133ns	0,0914ns	791,2352ns
Erro	64	0,0059	0,2535	0,0075	0,0028	0,0159	0,0591	1231,0866ns
CV (%)		17,5386	19,6013	6,3499	42,9377	71,1901	5,9223	29,1326

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 9C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, cinza, proteína, pH e acidez titulável das massas e dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Umidade	Cinza	Proteína	pH	Acidez
Tipos de polvilho (A)	3	1,0621ns	0,1749ns	3,1385*	3,9734*	52,8471*
Formulações (B)	3	454,7731*	9,5965*	457,1607*	1,5723*	110,2095*
Tipos de massa (C)	1	0,4730ns	0,0456ns	4,1180*	0,4710*	12,9948*
Assamento (D)	1	7158,1505*	30,3463*	79,1616*	0,0642ns	3,5452*
A x B	9	4,8974ns	0,0927ns	1,5391*	0,3988*	4,0603*
A x C	3	9,3771*	0,1856ns	1,8897*	0,1573*	1,1499*
A x D	3	5,3729ns	0,0540ns	1,7027*	0,0166ns	0,9409*
B x C	3	13,7478*	0,0977ns	0,5223ns	0,1036ns	2,4652*
B x D	3	5,7975ns	0,5379*	1,7777*	0,3389*	4,6449*
C x D	1	114,5434*	0,0382ns	171,6682*	0,0863ns	0,5074ns
A x B x C	9	4,9321ns	0,0647ns	0,8051*	0,1512*	2,4675*
A x B x D	9	4,3225ns	0,0955ns	0,9244*	0,1582*	3,4012*
A x C x D	3	20,1452*	0,0974ns	6,4747*	0,2473*	3,8786*
B x C x D	3	1,8927ns	0,0743ns	5,4624*	0,1151ns	4,9754*
A x B x C x D	9	4,2558ns	0,0779ns	1,2310*	0,1517*	2,7940*
Erro	128	3,2081	0,0847	0,2417	0,0484	0,2432
CV (%)		5,7196	8,4046	5,2858	3,8332	7,4634

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 10C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para extrato etéreo das massas e dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
		Extrato Etéreo
Tipos de polvilho (A)	3	1,9239*
Formulações (B)	3	171,2056*
Tipos de massa (C)	1	4,8834*
Assamento (D)	1	3652,3596*
A x B	9	0,8486ns
A x C	3	3,3794*
A x D	3	7,7467*
B x C	3	3,2814*
B x D	3	28,6102*
C x D	1	29,5240*
A x B x C	9	2,4327*
A x B x D	9	2,0184*
A x C x D	3	4,0439*
B x C x D	3	1,7065*
A x B x C x D	9	1,4996*
Erro	64	0,4534
CV (%)		3,2184

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 11C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para peso, diâmetro e altura de pães de queijos crus e assados em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Peso	Diâmetro	Altura
Tipos de polvilho (A)	3	7,7778ns	0,1916*	0,1021ns
Formulações (B)	3	9,7353*	2,4986*	0,3719*
Tipos de massa (C)	1	17,4345*	0,0310ns	7,6880*
Assamento (D)	1	354,7344*	45,0856*	57,8163*
A x B	9	8,7869*	0,1890*	0,1436*
A x C	3	4,6173ns	0,1811*	0,1627*
A x D	3	1,5037ns	0,0436ns	0,1036ns
B x C	3	5,8934ns	0,3922*	0,5437*
B x D	3	0,6223ns	1,5245*	1,0945*
C x D	1	0,96666ns	1,4249*	0,0037ns
A x B x C	9	3,6826ns	0,0968ns	0,0692ns
A x B x D	9	1,3923ns	0,0294ns	0,0611ns
A x C x D	3	2,9367ns	0,0153ns	0,0219ns
B x C x D	3	0,1336ns	0,1843*	0,0528ns
A x B x C x D	9	1,5295ns	0,0299ns	0,0448ns
Erro	128	3,1486	0,0540	0,0509
CV (%)		10,9788	6,4179	7,0821

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 12C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para pico de máxima força de compressão dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios
		Pico de Máxima Força de Compressão
Tipos de polvilho (A)	3	50830,5876ns
Formulações (B)	2	1549769,0453*
Tipos de massa (C)	1	4028304,5869*
A x B	6	461377,8011*
A x C	3	890692,9327*
B x C	2	1343818,82936*
A x B x C	3	1181169,3258*
Erro	48	201787,1467
CV (%)		28,1631

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 13C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para aparência externa, cor da casca, formato, uniformidade da casca, rachadura na casca e pontos de queijo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Aparência	Cor Casca	Formato	Unif. Casca	Rachadura	Pontos de Queijo
Tipos de polvilho (A)	3	16,2533ns	30,8438*	91,6603*	37,2507*	258,5495*	56,6634*
Formulações (B)	3	69,1778*	16,3693ns	160,5871*	159,2275*	26,8529ns	280,6838*
Tipos de massa (C)	1	1088,6485*	3,3751ns	1,0501ns	903,3550*	1788,5421*	20,3241ns
A x B	9	30,2162*	28,1160*	61,3544*	56,7958*	63,5255*	36,6233*
A x C	3	5,4665ns	7,5368ns	72,7531*	36,7623*	106,6646*	74,1214*
B x C	3	69,6828*	59,5789*	21,6846ns	237,0217*	179,1806*	72,9665*
A x B x C	9	31,7306*	37,8355*	40,2056*	17,5624ns	29,2032ns	59,8033*
Erro	1024	10,9305	9,2927	10,3096	13,4438	22,7213	9,1390
CV (%)		37,2529	48,8875	56,8606	43,8201	45,4056	85,1956

* significativo a 5%, pelo Teste de F.

ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 14C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para maciez, elasticidade do miolo, cor do miolo, espessura da casca, estrutura do miolo, aderência do miolo à casca e umidade do miolo dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Maciez	Elasticidade	Cor Miolo	Espes. Casca	Estrut. Miolo	Aderência	Umid. Miolo
Polvilho (A)	3	34,11893*	29,9751ns	4,4560ns	35,0052*	22,7396ns	35,4054ns	22,5906ns
Formulações (B)	3	431,1903*	106,7215*	28,5233*	222,6433*	272,8447*	89,9949*	246,6583*
Massa (C)	1	454,3876*	57,3068*	49,2273*	244,7638*	740,1826*	865,8319*	47,0919*
A x B	9	91,3054*	20,7338ns	29,4158*	33,3995*	29,6993*	19,2359ns	71,1366*
A x C	3	51,4670*	26,9924ns	34,4187*	12,1491ns	35,2398*	31,1064ns	22,0105ns
B x C	3	115,0166*	109,5051*	56,3354*	86,9717*	184,6190*	34,0019ns	67,5302*
A x B x C	9	59,8993*	23,3755ns	11,1574ns	22,5806*	25,1133*	28,2023ns	22,0018*
Erro	1024	12,6263	12,9080	8,2500	11,3787	11,5485	15,0704	9,5300
CV (%)		55,7893	64,1241	49,5885	59,8619	44,2542	46,2797	50,3886

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
 ns não-significativo, pelo Teste de F.

TABELA 15C Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para crocância, sabor polvilho, sabor de queijo, sabor de ovo, sabor de óleo, gosto salgado, sabor residual e sabor e aroma típicos dos pães de queijo, em função dos tipos de polvilho, das formulações e dos tipos de massa.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios							
		Crocância	Sabor de Polvilho	Sabor de Queijo	Sabor de Ovo	Sabor de Óleo	Gosto Salgado	Sabor Residual	Sabor e Aroma Típicos
Polvilho (A)	3	3,0586ns	34,3748ns	10,1581ns	3,1577ns	13,3456ns	9,0553ns	2,9870ns	22,5225ns
Formulações (B)	3	104,8723*	78,4560*	112,0896*	27,7119*	13,5446ns	42,6478*	27,7612ns	100,8108*
Massa (C)	1	7,5601ns	64,2123*	73,0803*	65,1031*	30,1050ns	39,0491*	51,8966ns	357,9347*
A x B	9	33,9154*	30,8486*	14,6049ns	5,3956ns	8,7974ns	9,2163*	8,1946ns	33,0069*
A x C	3	34,1213*	3,7752ns	35,4880*	6,1201ns	2,9257ns	50,0246*	24,4884ns	41,3864*
B x C	3	25,9747*	138,7958*	96,8492*	4,3899ns	13,4070ns	12,4138ns	31,2278ns	188,1609*
A x B x C	9	12,5574ns	20,8136ns	62,7713*	6,4442ns	15,4399ns	22,6602*	10,0254ns	44,5413*
Erro	1024	9,2863	13,2344	9,5372	7,6705	9,8014	4,8809	17,6264	12,4921
CV (%)		72,5321	55,7291	72,9895	95,7460	64,0966	42,3028	70,7558	41,5851

* significativo a 5%, pelo Teste de F.
ns não-significativo, pelo Teste de F.