

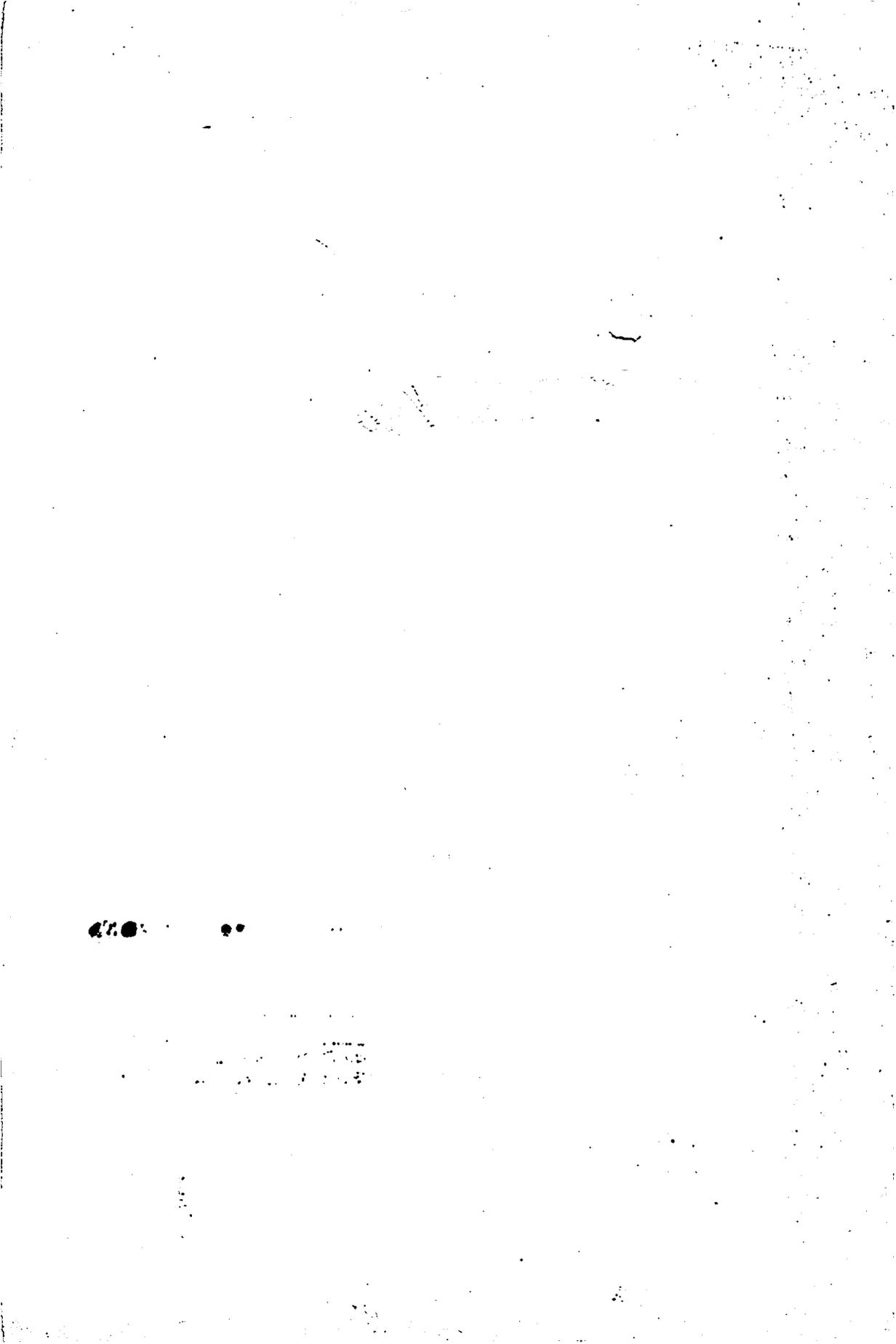


UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**EFEITO DO ESCALDAMENTO NAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA
MASSA E DO PÃO DE QUEIJO**

ANTÔNIO VITOR MACHADO

2003



55857
048068

ANTÔNIO VITOR MACHADO

**EFEITO DO ESCALDAMENTO NAS PROPRIEDADES
TECNOLÓGICAS DA MASSA E DO PÃO DE QUEIJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Profa. Dra. Joelma Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

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

Machado, Antonio Vitor

Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo Antonio Vitor Machado. -- Lavras : UFLA, 2003.

99 p. : il.

Orientador: Joelma Pereira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Escaldamento. 2. Propriedade tecnológica. 3. Massa. 4. Pão de queijo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-641.815

ANTÔNIO VITOR MACHADO

EFEITO DO ESCALDAMENTO NAS PROPRIEDADES
TECNOLÓGICAS DA MASSA E DO PÃO DE QUEIJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 27 de fevereiro de 2003

Profa. Dra. Rosemary Gualberto F. Alvarenga Pereira UFLA

Profa. Dra. Fabiana Queiroz Ferrua
UFLA


Profa. Dra. Joelma Pereira
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

Pela força e presença,

Em especial à minha mãe, Terizinha, "in memoriam",

A meu pai, Antônio e a toda minha família,

OFEREÇO.

À minha esposa Marta,

ao meu filho Gabriel,

pelo amor esperança e carinho,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

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

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudos para realização deste trabalho.

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

À Profa. Dra. Joelma Pereira, pela orientação, confiança e amizade.

À Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira e ao Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela, pela co-orientação e pelas sugestões.

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

À Profa. Dra. Fabiana Queiroz Ferrua, pela participação na banca de defesa.

Ao Prof. Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques, do Departamento de Ciências dos Solos, pela ajuda e sugestões nas análises de difractometria de raio-x.

Aos funcionários do DCA, aos amigos e colegas do curso de pós-graduação, pela amizade e ajuda.

Ao amigo Rogério Amaro, pela ajuda nas análises estatísticas e pela amizade.

Aos meus familiares, Marcilene, José Vitor, Matheus, Gracinha, Carlos, William e Valéria, em especial aos meus pais e minha amada esposa Marta e a meu filho Gabriel, pela solidariedade, compreensão, amor e incentivos recebidos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução geral	02
2 Referencial teórico	03
2.1 Considerações gerais	03
2.2 Polvilho azedo.....	05
2.2.1 Aspectos gerais	05
2.2.2 Obtenção do polvilho azedo.....	06
2.2.3 Transformações no polvilho azedo durante a fermentação.....	07
2.3 Constituição química e propriedades químicas e físicas do amido.....	08
2.3.1 Constituição química do amido de mandioca.....	09
2.3.2 Viscosidade do amido.....	09
2.3.3 Birrefringência e cristalinidade	11
~▷ 2.4 Pão de queijo.....	12
-▷ 2.4.1 Escaldamento e mistura.....	14
l 2.4.2 Assamento.....	16
-▷ 2.5 Ingredientes do pão de queijo.....	17
2.5.1 Polvilho azedo.....	17
2.5.2 Leite.....	18
2.5.3 Água.....	19
2.5.4 Óleos e gorduras.....	19
2.5.5 Ovo	19
2.5.6 Queijo	20
2.5.7 Sal	20

2.6 Reologia e textura	20
3. Referências bibliográficas	24
CAPÍTULO 2: Caracterização física, química e tecnológica	
do polvilho azedo	31
1 Resumo	32
2 Abstract	33
3 Introdução	34
4 Material e métodos	36
4.1 Material e delineamento experimental	36
4.2 Análises realizadas	36
4.2.1 Umidade	36
4.2.2 pH	36
4.2.3 Acidez titulável	37
4.2.4 Índice de solubilidade de água e poder de inchamento	37
4.2.5 Propriedades viscoamilográficas	37
4.2.6 Análise estatística	39
5 Resultados e discussão	40
5.1 Caracterização do polvilho azedo	40
5.2 Propriedades viscoamilográficas	41
5.3 Índice de solubilidade de água e poder de inchamento	43
6 Conclusões	46
7. Referências bibliográficas	47
CAPÍTULO 3 Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas	
da massa e do pão de queijo	49
1 Resumo	50
2 Abstract	51
3 Introdução	52
4 Material e métodos	54

4.1 Matéria prima e delineamento experimental	54
4.2 Metodologias	54
4.2.1 Formulação	54
4.2.2 Obtenção das massas de pão de queijo	54
4.2.3 Obtenção dos pães de queijo	55
4.2.4 Preparo das amostras para análise de raio-x e microscopia	55
4.3 Análise	56
4.3.1 Umidade das massas de pão de queijo.....	56
4.3.2 Caracterização física dos pães de queijo	56
4.3.3 Análise de textura das massas e dos pães de queijo.....	57
4.3.4 Perfil reológico das massas de pão de queijo	57
4.3.5 Difractometria de raio-x.....	58
4.3.6 Análise microscópica	59
4.3.7 Delineamento experimental e análise estatística	59
5 Resultados e discussão	61
5.1 Umidade das massas de pão de queijo.....	61
5.2 Caracterização física dos pães de queijo	62
5.2.1 Densidade dos pães de queijo.....	62
5.2.2 Volume específico dos pães de queijo.....	63
5.2.3 Índice de expansão dos pães de queijo	64
5.3 Análise de textura das massas dos pães de queijo	66
5.4 Análise de textura dos pães de queijo.....	71
5.5 Difractometria de raio-x.....	75
5.6 Perfil reológico das massas	77
6 Conclusões.....	88
7. Referências bibliográficas.....	89
ANEXOS	91

RESUMO GERAL

MACHADO, A. V. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo. Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

O pão de queijo nos últimos anos vem se destacando pelo consumo e produção nacional, chegando, nos dias atuais, a atingir até mesmo o mercado internacional. É um produto típico mineiro e ainda não possui um processo de fabricação padronizado, havendo necessidade de as indústrias buscarem maiores informações sobre suas etapas de produção para uma melhor qualidade do pão de queijo colocado no mercado. O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Objetivou conhecer e avaliar o papel do escaldamento na produção de massa de pão de queijo, bem como o papel dos ingredientes nas etapas de produção da massa, estabelecendo alguns parâmetros para padronização da sua fabricação. A massa foi preparada no farinógrafo Brabender, sem escaldamento e com escaldamento, com leite ou água na formulação mais adição de ovo e queijo. Os resultados obtidos demonstraram que o escaldamento teve grande influência na qualidade da massa do pão de queijo, destacando o tratamento escaldamento com leite o qual proporcionou massas mais macias, com melhor aparência e pouco pegajosas, fáceis de serem trabalhadas e pães de queijo com melhor consistência e textura em relação aos outros tratamentos. Também foi possível detectar indícios de que o escaldamento alterou a cristalinidade dos grânulos de amido do polvilho azedo.

*Comitê Orientador: Joelma Pereira – UFLA (orientadora), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira- UFLA e Evódio Ribeiro Vilela – UFLA.

GENERAL ABSTRACT

MACHADO, A. V. Effect of scalding in the technological properties of the cheese bread dough. Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertation-master's degree in Food Science)*

Cheese bread, during the last years, has been growing in consumption and national production, and nowadays has even reached the international market. It is a typical homemade product from Minas Gerais and it still does not possess a standardized production process, which is needed by the industries looking for more information on the production stages to better assure the quality of the cheese bread placed on the market. The present research work was developed in the Department of Food Science at the Federal University of Lavras, Minas Gerais. The objective was to better know and to evaluate the role of scalding in the production of the cheese bread dough, as well as the role of the ingredients in the stages of production of the dough, establishing some parameters for standardization of production. The dough was prepared in a Brabender farinograph, with and without scalding, with milk or water added to the formula and with the addition of eggs and cheese. The obtained results demonstrated that scalding had great influence in the quality of the cheese bread dough, highlighting that scalded milk provided softer dough, with better appearance and a little sticky, which makes it easier to work with. The cheese bread also showed better consistence results and texture in relation to the other treatments. It was also possible to detect indications that the scalding altered the crystallization of the granules of starch of the sour manioc flour.

* Guidance Committe: Joelma Pereira – UFLA (adviser), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira- UFLA and Evódio Ribeiro Vilela - UFLA

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pão de queijo é um produto brasileiro tradicional do Estado de Minas Gerais, tendo como matéria-prima básica o polvilho azedo. Ainda não existe um processo de produção padronizado, mas sua produção consiste basicamente do escaldamento do polvilho azedo, mistura e adicionamento de ovos e queijo, modelagem da massa e posterior assamento.

O escaldamento é uma das etapas determinantes do processo de fabricação do pão de queijo, pois ocasiona uma série de modificações no polvilho azedo, influenciando diretamente na qualidade do produto final. Apesar de sua grande importância, há poucas informações sobre o papel do escaldamento e dos ingredientes utilizados nas etapas de produção da massa e na qualidade do pão de queijo.

Pereira (2001) avaliou as características químicas, físicas estrutural e sensorial de diferentes formulações de pão de queijo. Pereira (1998) avaliou diversos aspectos que afetam a qualidade do pão de queijo.

Este trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, com a finalidade de conhecer e estudar algumas características tecnológicas e de qualidade do polvilho azedo, verificando sua interferência nas formulações de pão de queijo, avaliando também as características reológicas e microscópicas da massa e as características físicas e de qualidade do pão de queijo, buscando parâmetros que futuramente poderão ser utilizados para padronizar sua fabricação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais

A mandioca representa uma fonte energética para 500 milhões de pessoas. Cultivada em mais de 80 países, é a principal fonte alimentar para uma grande parte da população mundial, particularmente países da América do Sul, África e Ásia, onde é primariamente a fonte de calorias e carboidratos. A planta da mandioca é originária do continente americano, não se descartando a possibilidade de ser genuinamente brasileira, pois a maioria das espécies selvagens do gênero identificadas foi localizada em território brasileiro (Sena & Soares, 1985).

O Brasil é o segundo produtor mundial de mandioca, junto com a Tailândia, o primeiro produtor, é a Nigéria. A produção anual brasileira está estabilizada na faixa de 23 a 24 milhões de toneladas, sendo a região Nordeste responsável por aproximadamente 37% da produção, enquanto os estados do Sul respondem por 26% (Rivera, 1997). A participação do Brasil na produção mundial de mandioca é de mais de 15%, sendo essas raízes cultivadas em todos os estados brasileiros, constituindo-se nono produto agrícola do país e o sexto em valor de produção (CNPMP/Embrapa, 2000).

A cultura da mandioca é geralmente desenvolvida em pequenas propriedades agrícolas com escassa ou nenhuma tecnologia. Ela ocupa em torno de 11 milhões de hectares, gerando cerca de 105 milhões de toneladas de raízes, das quais mais da metade é destinada ao consumo humano. Na maior parte da Ásia, as raízes são consumidas depois de fervidas, fritas ou panificadas. No entanto, produtos de mandioca fermentados são populares na África, América Latina, Indonésia e nas Filipinas (Lancaster et al., 1982).

Estima-se que 65% da produção sejam utilizados para consumo humano,

25% para uso industrial, principalmente como amido (6%) ou alimentação animal (19%) (Cock, 1985). O processamento destas raízes visa, além da eliminação da toxidez e preservação, a modificação de suas características reológicas e sensoriais, obtendo-se, no Brasil, produtos como raspas, farinhas, polvilho doce e azedo, além das féculas pré-gelatinizadas (Vilela & Ferreira, 1987).

As aplicações industriais do amido são numerosas, porém, as aplicações em alimentos, que são diversas, correspondem somente a 5% do total. Na indústria de alimentos, o amido pode ser utilizado in natura ou modificado, dependendo da necessidade. De acordo com Whistler (1965), o uso do amido e seus derivados teve início, aproximadamente, em 3.000 a.C., no antigo Egito.

De toda a produção nacional de mandioca, somente uma parte dela é destinada à produção de polvilho. Em 1994, aproximadamente 6,2% da produção foram destinados às fécularias, sendo que as principais indústrias no Brasil encontram-se nas regiões sudeste, Sul e no estado do Mato Grosso do Sul (Rivera, 1997). A capacidade dessas indústrias varia entre poucas toneladas/dia até mais de 400 toneladas/dia (Rivera, 1997), sendo classificadas como de pequeno, médio e grande porte. Esta última, em menor número, é altamente tecnificada e, geralmente, produtoras dos amidos exportáveis, estando concentradas na região Centro-Sul do país (Rivera, 1997).

O polvilho azedo não é um produto amplamente comercializado em âmbito internacional. Trata-se de um produto típico brasileiro, de grande consumo, principalmente nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo. Apesar de ser um produto com grande potencial para exportação, segundo os importadores, apresenta vários problemas. O principal deles é a falta de uniformidade durante o ano, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo (Asquieri, 1990).

O Brasil tem exportado pequenas quantidades de polvilho para os países do Mercosul, mas perdeu os mercados europeus e dos Estados Unidos, embora a qualidade do polvilho brasileiro satisfizesse às exigências do mercado internacional. Atualmente, os acordos bilaterais da Tailândia dificultam a recuperação desses mercados. O Brasil apresenta uma realidade bem diferente a de outros países, pelos antecedentes conhecidos, a potencialidade do mercado para o polvilho azedo é grande, haja vista a demanda interna e particularmente, as possibilidades de exportação aos países integrantes do mercosul (Rivera, 1997).

2.2 Polvilho azedo

2.2.1 Aspectos gerais

O polvilho azedo ainda é um produto regional, com grande volume de produção que já era grande em 1978, nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Ternes et al., 1978), onde é fabricado por um grande número de pequenas indústrias rurais. Vilpoux (1997), baseando-se em dados recolhidos no final de 1996, em entrevistas com 26 empresários e entidades de pesquisa e extensão nas diferentes regiões de produção, observou que a produção brasileira de polvilho azedo apresentou um grande crescimento nesses últimos anos, principalmente devido ao aumento de consumo de pão de queijo. Devido à necessidade de diversificação da produção das fecularias, o polvilho azedo oferece uma alternativa de baixo custo de instalação à produção de amidos modificados. Frente à crise das empresas de farinha, muitas indústrias aspiram a uma conversão da planta de processamento para a produção de polvilho, que está atraindo cada vez mais empresários e investidores (Maeda & Cereda, 2001). Segundo Cereda (1987), não há problemas na comercialização do produto, devido à grande procura pelo consumidor, principalmente para ser

utilizado em produtos de confeitaria na forma de biscoitos, sequilhos, pão de queijo, bolos, etc.; além disso é insubstituível no preparo de biscoito salgado que caracteriza-se por ser um produto muito leve e volumoso, resultado da expansão do polvilho azedo no forno.

O polvilho azedo apresenta propriedades físicas, químicas e funcionais bem características. Uma delas é a sua capacidade de expansão (Cereda, 1973), o que é bastante explorado na fabricação de biscoitos e pão de queijo.

2.2.2 Obtenção do polvilho azedo

Existem tecnologias diferentes para a produção de polvilho azedo, pois esta foi desenvolvida 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 básico para a obtenção do polvilho azedo envolve a lavagem, descascamento e ralação das raízes, e peneiramento da massa sob água corrente (Pereira, 2001). Nessa última parte, o bagaço acumulado é eliminado e a fécula é arrastada pela água, sendo, depois, separada por decantação em tanques planos ou inclinados ou por centrifugação (Cereda, 1987).

A fécula purificada é submetida à fermentação natural. Essa fermentação pode ser feita em qualquer recipiente, desde o popular cocho de madeira a tanques de alvenaria revestidos ou não de azulejos, com uma camada de água de 10 a 15 cm por 20 a 60 dias, em recintos abertos ou fechados, para proteger contra alterações ambientais ou materiais estranhos (Wetsby & Cereda, 1994).

O processo é considerado terminado empiricamente com o aparecimento de espuma na superfície e bolhas persistentes de gás que se formam no interior da massa, com desprendimento de odor forte característico. Até o 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 da acidez e pH são testes quantitativos que, não obstante, não têm 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 (Maeda & Cereda, 2001).

Após o final da fermentação, 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 é feita ao sol e vento, sendo a massa colocada em jiraus de bambu ou plásticos pretos (Plata-Oviedo, 1998).

O polvilho azedo apresenta uma granulação típica, por ser esfarelado úmido e seco ao sol em céu aberto. O processo de moagem e homogeneização do polvilho azedo nem sempre é realizado. Esta etapa promove uma uniformidade na granulometria, originando uma melhor aparência 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).

2.2.3 Transformações no polvilho azedo durante a fermentação

A fermentação é uma etapa decisiva no processo de obtenção do polvilho azedo, devido à ocorrência de alterações químicas, físico-químicas e reológicas na fécula. Cereda (1973) comprovou que, durante a fermentação da fécula de mandioca, os grânulos de amido são degradados por amilases originadas por *Bacillus* sp, principalmente de *Bacillus subtilis*, cuja produção de enzimas amilolíticas é bastante conhecida. O efeito dessas amilases pode ser observado no aspecto alterado da superfície dos grânulos de amido após a fermentação,

com pontuações e rugosidade características. Os grânulos de amido fermentado apresentaram, sob luz polarizada, perda parcial da birrefringência e tendência marcante para formar agregados. A degradação do amido pelos ácidos e enzimas produzidas na fermentação também foi relatada por Saito et al. (1996).

O processo fermentativo altera o grânulo de amido de tal modo que o polvilho azedo apresenta características peculiares; as modificações que ocorrem durante a fermentação alteram sua reologia, de modo que apresente curva viscoamilográfica com picos menos elevados e o início do processo de gomificação é detectado em temperaturas inferiores às comparadas ao polvilho doce nas mesmas concentrações (French, 1984). Este fato pode explicar a formação de massa durante o processamento de biscoitos e pão de queijo e outros produtos de panificação (Demiant e al., 2000).

A fermentação altera a composição química do polvilho em fibra, em proteína em cerca de dez vezes, em cinza em decorrência das contaminações e do desenvolvimento microbiológico. Há um aumento da porcentagem de amido danificado, uma redução dos valores de viscosidade máxima e aumento no poder de inchamento e índice de solubilidade gerando alterações desejáveis no processo de panificação de biscoitos e pão de queijo (Cereda, 1983; Ascheri & Vilela, 1995; Saito et al. 1996).

2.3 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 (1952) e Rosenthal et al., (1974), citados por Sarmento (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 a 22% a 27% de amido extraível (Arias, 2000).

2.3.1 Constituição química do amido de mandioca

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), (Ciacco & 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.

2.3.2 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, o grânulo começa a inchar, aumentando a sua viscosidade (Leach, 1965; French, 1975).

Na gelatinização, o aquecimento inicial produz a quebra das pontes de hidrogênio mais fracas nas áreas amorfas, com o conseqüente 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, e conseqüente 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

decrece em função da predominância de grânulos desintegrados (Ciacco & Cruz, 1982).

Uma forma simples de seguir o processo de gelatinização de amido é por meio do viscoamilógrafo Brabender (Schoch & Maywald, 1968; French, 1975), com este instrumento é possível obter curvas de viscosidade para uma suspensão de amido submetida à 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 (Pereira, 2001).

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 fins industriais (Sarmiento, 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 & Maywald, 1968).

De acordo com Amante (1986), pastas de amido de mandioca se comportam como um fluido plástico, tem 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. (1974) e Pacheco (1952) relatam valores da temperatura de empastamento do amido de mandioca entre 58^oC a 62^oC e 59,8^oC a 60^oC, 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 (Mazur e Schoch, 1957).

Resultados de viscosidade máxima baixa indicam que o grânulo de amido encontra-se enfraquecido, oferecendo pouca resistência mecânica quando inchado (Rivera, 1997).

Em relação às curvas amilográficas de amostras fermentadas com polvilho comercial, Rivera (1997) 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. Ainda em seu experimento, Rivera (1997) 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.

2.3.3 Birrefringência e cristalinidade do amido

Os grânulos de amido são birrefringentes e, quando observados sob luz polarizada, apresentam a típica cruz de malta. 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, a birrefringência começa a desaparecer. O aquecimento de uma suspensão aquosa de amido provoca a quebra de pontes de hidrogênio, que mantêm o arranjo molecular dentro do grânulo de amido. Os grupos hidroxilas das unidades de glicose que participavam das áreas cristalinas são hidratados e o grânulo de amido incha (Ciacco & Cruz, 1982).

A perda de birrefringência pode ser acompanhada por meio de microscópio com luz polarizada, sendo os grânulos aquecidos na presença de

água até suas áreas cristalinas serem destruídas (Ciacco & Cruz, 1982).

Durante a formação do amido, amilose e amilopectina são depositadas em camadas no interior do grânulo. Quando coincide de as porções lineares dessas moléculas estarem paralelas, 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 & Gilles, 1968; Ciacco & Cruz, 1982). A disposição destas regiões cristalinas e amorfas é que fornece os padrões de cristalinidade do amido (Pereira, 2001).

As alturas dos picos do difractograma, o gráfico da difração do raio-x, fornecem uma estimativa quantitativa das intensidades relativas da linhas de difração e o ângulo 2θ , do qual o espaço interplanar, espaço d , é calculado (Zobel, 1988).

A análise de difractometria de raio-x é utilizada para detectar mudanças na cristalinidade do amido (Zobel, 1988).

Os grânulos apresentam níveis de cristalinidade diferentes na faixa de 15% a 45% e exibem difractogramas de raio-x característicos em função da origem (Zobel, 1988).

↳ 2.4 Pão de queijo

O pão de queijo é um produto tipicamente mineiro, cuja produção e comercialização têm crescido muito (Pereira, 2001).

Com o nome 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 azedo, queijo, óleo e ovos, seguindo um princípio básico de

escaldamento do polvilho com água, óleo ou leite, sal, amassamento com ovos, adição de queijo e assamento. O produto é comercializado cru e congelado, em formatos que variam para cada fabricante, diferindo na qualidade, aparência e valor comercial (Jesus, 1997).

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 (Pereira et al., 1995).

O pão de queijo é um produto de panificação que não contém glúten, proporciona vários benefícios: excelente fonte de energia, devido ao seu alto teor de carboidratos, grande aceitabilidade e pode ser utilizado por pessoas portadoras de doença celíaca (Pereira, 2001).

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 Figura 1 apresenta um fluxograma que mostra as etapas básicas da fabricação do pão de queijo (Pereira, 2001).

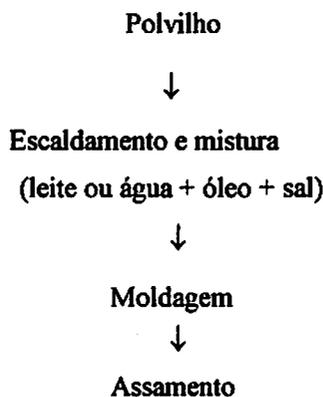


FIGURA 1 Fluxograma da fabricação do pão de queijo (Pereira, 2001).

2.4.1 Escaldamento e mistura

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 é variável, sendo comum adicionar um pouco de água antes do escaldamento para hidratar o polvilho e facilitar a mistura. Alguns fabricantes indicam que a mistura de água, leite, óleo e sal propiciam 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 menor tempo e facilitam a digestão, devido à gelatinização parcial do amido. A fabricação de pães de queijo sem o escaldamento é defendida por alguns produtores, por considerarem que o mesmo retarda e encarece o processo (Pereira, 1998; Pizzinatto, 2000).

Durante o escaldamento, provavelmente, inicia-se o processo de gelatinização do amido de mandioca, o qual promove alterações significativas no polvilho, principalmente absorção de água e inchamento dos grânulos. Forma-se uma massa gelatinosa, cujas características dependem da mistura de escaldamento usada (Jesus, 1997).

O escaldamento do polvilho é uma das etapas determinantes da qualidade final do pão de queijo. A maneira como o escaldamento é conduzido, principalmente em termos de temperatura e composição da mistura de escaldamento, altera as características finais do pão de queijo (Jesus, 1997).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria; em contato com água incham lentamente, mas retomam ao tamanho original durante a secagem (Pomeranz, 1985).

Quando uma suspensão aquosa de amido é aquecida, nenhuma mudança ocorre nos grânulos até que uma temperatura crítica seja alcançada. Atingida esta temperatura, o amido perde a estrutura interna cristalina e começa a absorver água. Este fenômeno é denominado de gelatinização (Radley, 1976).

O grau de gelatinização alcançado pelo amido durante o cozimento altera as propriedades sensoriais e viscoelásticas dos alimentos à base de amido, sendo, portanto, de suma importância para o desenvolvimento ou otimização de um produto (Jesus, 1997).

O escaldamento é uma etapa chave na fabricação do pão de queijo, influenciando a textura, o sabor e a aparência final do produto. A mistura líquida, em geral acima de 98°C, adicionada ao polvilho promove a formação de uma massa de aspecto gelatinoso. A gelatinização é um processo no qual ocorrem modificações na estrutura interna dos grânulos de amido quando estes são tratados com água e calor. Por isso, Colisson (1968), citado por Jesus (1997), supôs que o escaldamento pudesse ser considerado como um estágio inicial da gelatinização do amido ou mesmo uma gelatinização parcial, uma vez que a quantidade de água adicionada ao sistema é limitada.

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 água. 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 em razão da mistura excessiva propiciar a perda de água e ar, suficiente apenas para que a massa atinja a consistência desejada (Pizzinatto, 2000).

2.4.2 Assamento

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 aumenta de volume pela incorporação de ar e expansão dos gases (Pereira, 1998).

Para os produtos de panificação, em geral, as maiores mudanças químicas devido aos efeitos do calor dentro do forno incluem: 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 e 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 (Bernussi, 1996, Pereira, 1998). As maiores mudanças físicas compreendem a evaporação da água, a expansão do volume dos gases, que por sua vez provoca o aumento e desenvolvimento da estrutura porosa.

No final do 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 da temperatura constante e, quando a temperatura chega próximo a 55°C, os grânulos de amido começam a inchar. 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 deve-se 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; Pereira, 1998).

2.5 Ingredientes do pão de queijo

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 a presença de sujidades e, principalmente, para facilitar sua hidratação. Cada um destes ingredientes possui uma função específica e a interação de todos eles visa à obtenção de um produto leve, poroso, com bom volume e de sabor agradável e que, acima de tudo, seja bem aceito pelo consumidor (Pereira, 2001).

2.5.1 Polvilho azedo

Na gelatinização, o amido compete com outros componentes pela água do sistema. A extensão desta gelatinização ocorre principalmente em função da disponibilidade da água no meio (Hoseney et al., 1983).

A principal função do amido em produtos de panificação é absorver água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto (Ghiasi et al., 1982; Hoseney et al., 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.

O polvilho azedo a ser utilizado na produção de pão de queijo deve ter umidade adequada entre 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 (Pereira, 1998).

2.5.2 Leite

O leite tem sido utilizado na fabricação do pão de queijo substituindo parcial ou totalmente a água (Pereira et al., 1996). O leite possui uma composição média de 87% de água, 3,6% de proteínas, 4% de gordura, 5% de lactose, 0,7% de minerais, 0,03% de fosfolípidos e 0,1% de cálcio (Swaisgood, 1985).

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 et al., 1996). O leite auxilia juntamente com o queijo a 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 & Bamford, 1973; Cocup & Sanderson, 1987).

Cavanesi 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 maior maciez do miolo, possivelmente por permitir maior retenção de umidade.

2.5.3 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 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 (Loures 1989).

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 (Pereira, 1998).

2.5.4 Óleos e gorduras

Do ponto de vista prático, as principais propriedades funcionais da gordura, segundo Bennion & 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 e agente emulsificante, determinando a quantidade de líquidos que pode ser incorporada à massa.

De acordo com Cavanese et al. (1997), no pão de queijo a gordura age como um lubrificante molecular, ajudando a massa a ter maior extensibilidade, contribuindo para maior elasticidade e melhor textura.

2.5.5 Ovo

As propriedades funcionais do ovo são propriedades físico-químicas que contribuem com as características desejáveis de um alimento e seu comportamento físico durante a preparação, transformação e armazenamento

(Alleoni, 1997).

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a emulsificante e a contribuição nutricional, servindo também como agente corante e de sabor, originando pães de queijo com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, características de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (Leme, 2000, Zelaya, 2000).

2.5.6 Queijo

Na fabricação do pão de queijo podem ser utilizados diversos tipos de queijos, sendo mais comumente utilizados queijos como mussarela, parmesão, minas curado e minas padrão (Jesus, 1997). Na formulação do pão de queijo, o queijo contribui para o aroma e sabor típico do produto, além de, provavelmente, contribuir para a textura do miolo e aparência final (Pereira et al., 1996; Zelaya, 2000), dando elasticidade à textura e melhorando o aspecto da casca e conferindo uma maior maciez e uniformidade às células do miolo (Jesus, 1997).

2.5.7 Sal

O sal contribui para o sabor, utiliza-se 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, Pereira, 1998).

2.6 Reologia e textura

A reologia é a ciência que estuda o fluxo e deformação dos corpos quando estes são submetidos à ação de uma força externa (Costell et al., 1997).

A reologia diz respeito a relações tensão-deformação dos materiais que mostram o comportamento intermediário entre sólidos e líquido. As forças podem ser de compressão, tensão ou cisalhamento (Lannes, 2000).

A resistência à tensão e compressão é definida como o “stress” de tensão, compressão e cisalhamento máximo que um material ou alimento pode suportar antes de se romper; é calculada a partir da carga máxima aplicada durante um teste de tensão, compressão ou cisalhamento (Campos, 1989).

A avaliação de propriedades reológicas de alimentos sólidos pode ser dividida em três grupos: testes fundamentais, empíricos e imitativos. Testes fundamentais: medem as propriedades reológicas fundamentais (viscosidade, elasticidade, etc.), tentando relacionar a natureza do alimento com os modelos reológicos básicos. Testes empíricos: são os que medem parâmetros, geralmente não muito bem definidos, porém, segundo a prática, estão intimamente relacionados com a textura; a maioria dos equipamentos até hoje conhecidos e utilizados está compreendida neste grupo. Testes imitativos: são os que simulam as ações que ocorrem quando o alimento é consumido (Campos, 1989).

Os alimentos são materiais estruturalmente e reologicamente complexos. Muitas vezes eles consistem de uma mistura de sólidos e componentes fluidos estruturais. Muitos alimentos ainda apresentam características que variam de um ponto a outro dentro de sua massa. Apesar destes fatores, vários autores têm observado que os alimentos se comportam de uma maneira predizível e que conceitos baseados nas teorias de elasticidade, plasticidade e viscosidade podem ser usados para interpretar suas respostas a forças a eles aplicadas (Campos, 1989).

As características de viscosidade e consistência de um produto podem determinar sua aceitação ou não por parte do consumidor; não são importantes apenas no produto final, mas também durante o processamento, até mesmo determinando parâmetros de processo (Campos, 1989).

O farinógrafo Brabender é um aparelho amplamente utilizado para analisar medidas reológicas em massas, testando a qualidade das farinhas em um tempo reduzido, simulando o comportamento da mesma em um processo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.** 1997. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) e da batata doce (Ipoemoea batatas).** 1986. 1096 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ARIAS, L. V. B. **Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo.** In: SEMINÁRIO PÃO DE QUEIJO: ingredientes, formulação e processo, 2000, Campinas, 2000. p. 1-14.

ASCHERI, D. P. R.; VILELA, E. R. **Alteração 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. R. **Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas.** 1990. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

BENNION, E. B.; BAMFORD, G. S. T. **The technology of cake making.** Warcester: Billing, 1973. 389 p.

BERNUSSI, A. L. M. **Efeito da combinação do assamento convencional e energia de microondas na qualidade tecnológica de biscoito semi-doce duro.** 1996. 185 p. (Dissertação Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

CAMPOS, S. D. S. **Reologia e Textura em Alimentos.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989. p. 83.

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.

CEREDA, M. P. **Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca.** 1973. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Botucatu, SP.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade de fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 287-295, Jul./set. 1983.

CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n 145, p. 63-68, jan. 1987.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização.** São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152 p. (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, Sept. 1987.

COCK, J. H. **Cassava: new potential for a neglected crop.** Boulder: Westview press, 1985. 191 p.

COLLISON, R. Swelling and gelation of starch. In: RADLEY, J. A. **Starch and its derivatives.** 4. ed. London: Chapman & Hall, 1968. p. 168-194.

COSTELL, E.; FISZMAN, S. M.; DURÁN, L. Medida de la textura de los alimentos. In: **Temas en tecnología de alimentos.** 1997. cap. 6, p. 237-259.

DEMIANTE, I. M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J. P.; CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 42, n. 2, p. 149-158, June 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Feijão. **Mandioca e fruticultura: produção nacional.** 2002. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br/mandioca.Htm>>. Acesso em: out. 2002.

FRENCH, D. Chemical and biochemistry of starch. In: WHEAN, W. J. (Ed). **Biochemistry of carbohydrates**. London: Butter Worths, 1975. p. 267-335.

FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. I. **Starch: chemistry and tecnologia**. London: Academic Press, 1984. cap. 7, p. 133-247.

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, Mar./Apr. 1982.

HOSENEY, R. C.; LINERBACK, R. R.; SEIB, P. A. Role of starch in backed 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**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia, Belo Horizonte, MG.

LANNES, S.C.S. Reologia de chocolates. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.34(1), p.1-60, jan./jun. 2000.

LANCASTER, P. A.; INGRAM, J. S.; LIM, M. Y. et al. Traditional cassava based foods; survery of processing technology. **Economic Botany**, Bronx, v. 36, n. 1, p. 12-45. 1982.

LEACH, H. W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F. (Ed.). **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. **SEMINÁRIO DE PÃO DE QUEIJO: ingredientes, formulação e processo**, 2000, Campinas. 2000. p. 29-41.

LOURES, A. **Obtenção, caracterização e utilização de farinha de banana (Musa sp) em panificação**. 1989. p. 132. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG .

MACHADO, L. M. P. **Pão sem glúten: Otimização de algumas variáveis de processamento**. 1996. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - . Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

MAEDA, K. C.; CEREDA, M. P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 139-144, maio/ago. 2001.

MEDCALF, D. G.; GILLES, K. A. A. The function of starch in dough. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 13, n. 10, p. 6, Oct. 1968.

OLIVER, J. R.; ALLEN, H. M. The prediction of bread baking performance using the farinograph and extensograph. **Journal of Cereal Science**, London, v. 15, n. 1, p. 79-89, Jan. 1992.

PACHECO, J. A. de C. Alterações de qualidade de fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca. **Brangantia**, Campinas, v. 12, n. 7/9, p. 297-298, jul./set. 1952.

PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo**. 2001. 222 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, A. J. G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo**. Belo Horizonte: CETEC, 1998. 52 p.

PEREIRA, A. J. G.; JESUS, C. C. de.; LABODSIERE, L. H. E. S. Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do pão de queijo. In: **SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 1995**, Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1995. p. 63.

PIZZINATTO, A. Processo de fabricação de pão de queijo. In: **SEMINÁRIO DE PÃO DE QUEIJO: ingredientes, formulação e processo**, 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**. 1998. 114 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP.

POMERANZ, Y. **Functional properties of food components**. New York: Chapman e Hall, 1985. 536p.

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.** 1997. 131 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROSENTHAL, F. R. T.; NAKAMURA, T.; ESPINDOLA, A. M. C.; JOCHIMECK, M. R. Structure of starch granules. 3. Some considerations on leguminosae and tuberosae. *Starke, Weinheim*, v. 26, n. 2, 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.

SANTOS, J. A. F. Análise da textura garante consistência uniforme. *Food Ingredients, South America*, v. 11, p 28-29, mar./abr. 2001.

SARMENTO, S. B. S. **Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de uso industrial.** 1989. 103 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SAWAISGOOD, 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.

SCHMIEDER, W. Möglichkeiten einer Rationalisierung rheologischer Prüfmethode bei Winterweizen in der Getreidezucht. *Getreid, Mehl und Brot, Bochum*, v. 44, n. 2, p. 231-233, 1990.

SCHOCH, T. J.; MAYWALD, E. C. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 45, n. 6, p. 564-573, Nov./Dec. 1968.

SENA, W. Z.; SOARES, C. F. **Mandioca, uma abordagem tecnológica.** Viçosa: UFV, 1985. p. 111.

TERNES, M.; MONDARDO, E.; VIZZOTTO, V. J. **Variação do teor de amido na cultura da mandioca em Santa Catarina.** Florianópolis: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/EMPASC, p. 22. 1978.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 69-74, jan. 1987.

VILPOUX, O. Produção brasileira de polvilho azedo. **Fax Jornal. CERAT**, Botucatu, n. 47, p. 1-2, fev. 1997.

WETSBY, A.; CEREDA, M. P. Production of fermented cassava starch in Brazil. **Tropical Science**, London, v. 34, n. 2, p. 203-210, 1994.

WHISTLER, R. L. Starch its past and future. In: WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F. **Starch: chemistry and technology**. New York: Academic Press, 1965. p. 91-138.

ZELAYA, M. P. Tecnologia y química de almidones nativos y modificados. In. **SEMINÁRIO DE PÃO DE QUELJO: ingredientes, formulação e processo**. 2000. p. 15-28.

ZOBEL, H. F. Starch crystal transformations and their industrial importance. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 40, n. 1, p. p. 1-7, Jan. 1988.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E TECNOLÓGICA DO POLVILHO AZEDO

1 RESUMO

MACHADO, A.V. Caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo. In: **Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo** Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

O polvilho azedo é um tipo de amido de mandioca modificado por processo de fermentação natural e secagem ao sol, apresentando grandes oscilações em relação à sua constituição física, química e padrões de qualidade. Com o objetivo de verificar suas características tecnológicas e de qualidade, o presente trabalho foi realizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais onde foram realizadas análises de umidade, acidez titulável, viscosidade, poder de inchamento e índice de solubilidade de água. Os resultados obtidos permitiram verificar que o polvilho azedo se encontra dentro dos padrões de qualidade estabelecido pela legislação vigente no país.

* Comitê Orientador: Joelma Pereira – UFLA (orientadora), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira- UFLA e Evodio Ribeiro Vilela - UFLA

2 ABSTRACT

MACHADO, A.V. physical Characterization, chemistry and technology of the sour manioc flour . In: Effect of scalding in the technological properties of the cheese bread dough. Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertation-master's degree in Food Science)*

The sour manioc flour is a type of starch modified by a natural fermentation process and drying in the sun, presenting great oscillations in relation to its physical constitution, chemistry and quality patterns. With the objective of verifying its technological characteristics and of quality, the present work was carried out in the Department of Food Science at the Federal University of Lavras, Minas Gerais where humidity analyses, titrable acidity , viscosity, rising power and a water solubility index were performed. The obtained results verified that the sour manioc flour maintained inside the quality patterns established in country legislation.

* Guidance Committee: Joelma Pereira – UFLA (adviser), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira- UFLA and Evódio Ribeiro Vilela - UFLA

3 INTRODUÇÃO

Polvilho ou fécula de mandioca é o amido 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, 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).

O amido é constituído principalmente por dois homopolímeros: a amilose com teor de 25,5% que é um polímero essencialmente linear e a amilopectina um polímero altamente ramificado (Cereda, 1988).

Durante a fermentação ocorrem modificações no grânulo pelos ácidos produzidos, uma delas é a maior capacidade de se solubilizar e intumescer em água, conforme (Maeda, 2001).

Segundo Leach (1965), O comportamento do amido em água é controlado pela força do arranjo micelar. A temperatura baixa, o amido estabelece um equilíbrio com a umidade da atmosfera, quando se aumenta a temperatura o grânulo apresenta condições para o rompimento das pontes de hidrogênio e conseqüente formação de pontes de água (hidratação). A solubilização é um efeito paralelo ao inchamento, pois o aumento de inchamento produz um acréscimo da solubilidade.

A água que o grânulo pode absorver e reter é um fator de qualidade importante, pois está relacionada com o poder expansão da massa do polvilho azedo ao forno, conforme (Cereda, 1987).

De acordo com as análises realizadas por Cereda (1988) o polvilho azedo apresenta grandes oscilações nas suas características físico-químicas.

Apesar de ser um produto aberto as exportações, segundo os importadores, apresentam grandes problemas, sendo o principal deles a falta de uniformidade no produto durante o ano, do ponto de vista de qualidade e de quantidade (Asquieri, 1990).

O maior uso do polvilho azedo é como ingrediente básico na fabricação de biscoitos, pão de queijo e outros produtos de panificação. Há, entretanto, diversas variantes nas formulações do pão de queijo e biscoito. Uma delas reside no tipo e qualidade do polvilho azedo. Este fato justifica a busca de um índice de qualidade do produto colocado no mercado (Pereira, 2001).

O polvilho é a base dos ingredientes do pão de queijo e até o momento não são utilizados testes objetivos que relacionem a qualidade do polvilho com a qualidade do pão de queijo. Diante de fatos como este, torna-se necessário o estabelecimento de parâmetros de qualidade do polvilho, os quais estariam intimamente ligados à qualidade do pão de queijo.

A viscosidade constitui um parâmetro de qualidade de grande importância tecnológica que define a aceitação e aplicação do produto na indústria.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Grãos e Cereais do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

4.1 Material e delineamento experimental

O polvilho azedo utilizado foi adquirido no comércio de Lavras, MG, adotando-se o critério da mesma marca comercial, mesmo lote e data de fabricação recente.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por sete temperaturas de escaldamento: 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C e 90°C.

4.2 Análises realizadas

4.2.1 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).

4.2.2 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.

4.2.3 Acidez titulável

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

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

4.2.4 O índice de solubilidade de água (ISA) e poder de inchamento (PI)

Conforme Leach (1965), 1g de amido foi transferido para um tubo de centrifuga, previamente tarada. Foram adicionados 40 mL de água destilada e o tubo pesado novamente. A suspensão foi mantida em banho de maria com temperatura controlada por 30 minutos. O teste foi feito em temperaturas de 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C e 90°C; o material foi centrifugado a 2500 rpm por 15 minutos para a separação do amido.

A água sobrenadante foi separada em cápsulas de porcelana, para determinação do peso do solúvel nessa porção, submetendo à evaporação em estufa a 105°C por 24 horas.

$$\text{Índice de solubilidade em água (ISA)} = \frac{\text{mre}}{\text{msa}} \times 100 \quad \text{onde:}$$

mre = massa do resíduo da evaporação (g)

msa = massa seca da amostra (g)

$$\text{Poder inchamento (PI)} = \frac{\text{maac}}{\text{msa} - \text{mre}} \times 100 \text{ onde:}$$

maac = massa da amostra após centrifugação (g)

mre = massa do resíduo da evaporação (g)

msa = massa seca da amostra (g)

4.2.5 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 a 450 mL de água destilada, de forma a se obter 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. A partir dos viscoamilogramas obtidos foram determinados os seguintes parâmetros:

- temperatura inicial de pasta (TIP): temperatura (°C) na qual a viscosidade de pasta aumentou de 0 a 20 Unidades Brabender;
- viscosidade inicial a 95°C: valor da viscosidade de pasta, em unidades Brabender, quando se atingiu a temperatura de 95°C;
- viscosidade final a 95°C: valor da viscosidade de pasta, em unidades Brabender, após 20 minutos à temperatura de 95°C;
- viscosidade máxima: valor máximo da viscosidade de pasta, em unidades Brabender (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 unidades Brabender, após se ter atingido a viscosidade máxima;

- viscosidade final: valor da viscosidade, em unidades Brabender, no final do ciclo de resfriamento, quando a temperatura atingiu 50°C.

4.2.6 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se o programa computacional Sistema para Análise de Variância (SISVAR), de acordo com Ferreira (2000). Para uma caracterização do polvilho azedo, foi realizada uma análise descritiva para as variáveis: acidez titulável, umidade e pH, determinando-se as médias, desvio padrão e coeficiente de variação. Para a viscosidade foi realizada uma curva viscoamilográfica. O índice de solubilidade de água e o poder de inchamento foram submetidos à análise de variância, estudando-se seus valores em função das temperaturas por meio da análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do polvilho azedo

Os teores médios de umidade, pH e acidez titulável do polvilho azedo podem ser vistos na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 Valores médios de umidade (%), pH e acidez titulável (mL de NaOH/100g).

Polvilho azedo	Umidade	pH	Acidez titulável
Média	14	2,82	3,12
Desvio padrão	0,11	0,13	0,03
Coefficiente variação	0,79	4,7	1,02

O limite estabelecido pela legislação (Brasil, 1978) permite que o polvilho azedo tenha, no máximo, 14% de umidade justificados para que haja conservação do produto. Pelos resultados obtidos a amostra de polvilho azedo apresentou um valor médio de 14% de umidade, dentro, portanto, dos limites estabelecidos pela legislação. O pH apresentou resultado médio de 2,82. O baixo pH em polvilho azedo é considerado uns dos fatores principais de controle de crescimento de microrganismo. O limite máximo de acidez estabelecido pela legislação é de 5,0 mL de NaOH/100g, o valor médio de acidez obtido foi de 3,12 mL de NaOH/100g, também dentro do limite permitido pela legislação.

5.2 Propriedades viscoamilográficas

A curva viscoamilográfica é apresentada na Figura 2.1 e os parâmetros das propriedades viscoamilográficas na Tabela 2.2.

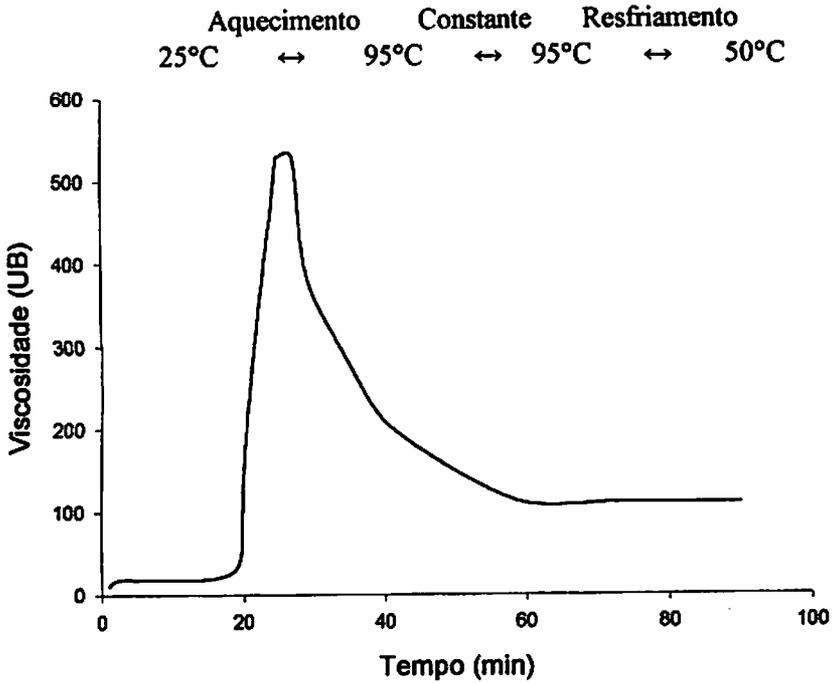


FIGURA 2.1 Curva viscoamilográfica média do polvilho azedo, em suspensão de 8% p/v e 14% de umidade, viscosidade (unidades Brabender) versus tempo (minutos).

TABELA 2.2 Valores médios das propriedades viscoamilográficas do polvilho azedo, considerando uma suspensão de 8% p/v, e 14% de umidade.

Características	Médias
TIP	56,5°C
Visc. 95°C inicial	230UB
Visc. 95°C final	120UB
Visc.máxima	530UB
T°C V.máxima	62°C
Vis. mínima	110UB
Vis. final	110UB

Observando a Figura 2.1, a curva viscoamilográfica do polvilho azedo apresenta-se como uma curva típica do amido fermentado, com um abrupto incremento da consistência até atingir o pico de viscosidade máxima, seguido de acentuada queda da mesma sob agitação. Esse comportamento sugeriu a existência de forças de associação fracas na manutenção da estrutura do grânulo de amido. A viscosidade do polvilho azedo diminuiu apresentando assim menor estabilidade à agitação e menor capacidade de retrogradação ou geleificação. O formato pontiagudo do pico de viscosidade máxima exibida pelo polvilho azedo sugere menor resistência dos grânulos ao inchamento e a absorção de água.

Este comportamento do polvilho azedo, apresentando um alto pico de viscosidade seguido de uma rápida e grande queda durante o cozimento evidenciando que os grânulos sofreram um inchamento quando aquecidos em água e não resistiram a ação mecânica, se iguala ao comportamento típico do amido de mandioca fermentado considerado de alta expansão conforme descrito por Rivera (1997).

A menor capacidade de retrogradação ou gelificação pode ser atribuída às alterações causadas pela ação ácida ou enzimática sobre os grânulos de amido

durante a fermentação, devido à modificação estrutural do amido (Franco & Tavares, 1998); Rívera (1997).

O valor da temperatura inicial de pasta foi de 56,5°C. Pelo resultado obtido é possível concluir que a fermentação afetou a estrutura dos grânulos de amido que iniciam o processo de hidratação em temperaturas mais baixas, quando comparado ao amido não fermentado. Esse resultado está de acordo com os apresentados por Rívera (1997), que encontrou valores de temperatura inicial de pasta entre 56,5°C e 62,5°C para o polvilho azedo em seu trabalho.

A viscosidade final apresentou valor de 110 UB (unidades Brabender), evidenciando que a fermentação, ação mecânica e a alta temperatura resultaram em alta porcentagem de grânulos de amido danificados, dificultando as reassociações entre eles na etapa de resfriamento, conforme descrito por Pereira et al. (1999).

Observando-se os dados das propriedades viscoamilográficas do polvilho azedo, da (Tabela 2.2), Verifica-se que a temperatura da viscosidade máxima foi de 62°C, a viscosidade inicial a 95°C foi de 230 UB, a viscosidade final a 95°C foi de 120 UB e a viscosidade mínima de 110 UB. Tais resultados se encontram próximos aos relatados por Franco & Tavares (1998), e Rívera (1997), que relataram valores de temperatura da viscosidade máxima de 70°C e 68°C.

5.3 Índice de solubilidade de água (ISA) e poder de inchamento (PI).

De acordo com as Figuras 2.2 e 2.3, verifica-se que, com a elevação da temperatura, o índice de solubilidade do polvilho azedo e o poder de inchamento para as amostras se elevaram gradativamente. Este comportamento foi descrito por uma equação de regressão polinomial de segundo grau. Esse resultado pode ser interpretado pelo enfraquecimento das forças de associação do grânulo causado pela fermentação, permitindo assim maior facilidade de penetração de água no interior do grânulo e maior facilidade na lixiviação dos segmentos

lineares do grânulo de amido do polvilho azedo.

Esse comportamento do polvilho azedo se mostrou semelhante ao relatado por Plata Oviedo (1998).

A equação de regressão e coeficientes de determinação do índice de solubilidade de água (ISA) e poder de inchamento (PI) do polvilho azedo podem ser observados nas Figuras 2.2 e 2.3.

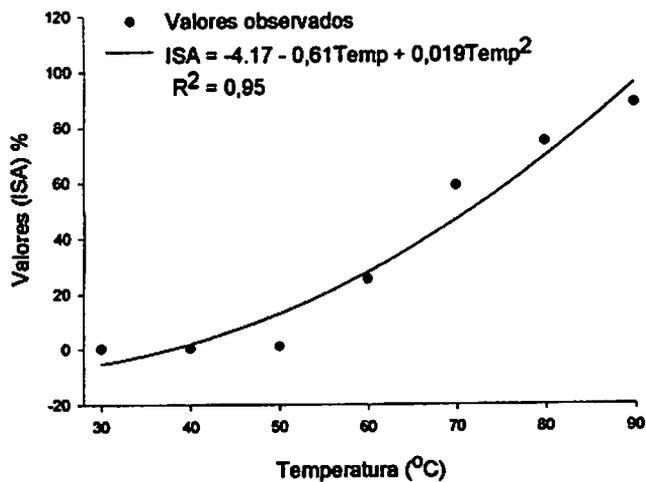


FIGURA 2.2 Valores médios observados da equação de regressão e coeficientes de determinação do índice de solubilidade de água (ISA)

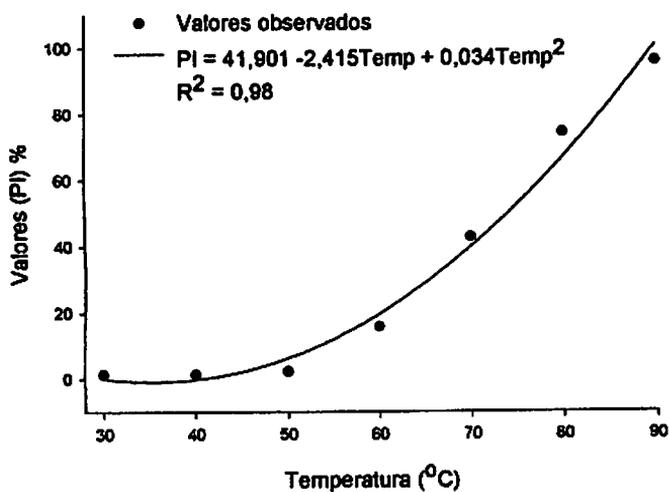


FIGURA 2.3 Valores médios observados da equação de regressão e coeficientes de determinação do poder de inchamento (PI)

6 CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos, concluiu-se que os resultados de umidade, pH e acidez titulável apresentaram-se dentro do estabelecido pela legislação. O índice de solubilidade de água e o poder de inchamento das amostras de polvilho azedo se mantiveram estáveis até 50°C. A partir de então, elevou-se gradativamente até 90°C. As características viscoamilográficas se apresentaram como típicas do polvilho azedo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASQUIERI, E. R. Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas. 1990. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

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. **Official Methods of the association of the agricultura Chemists.** 15. ed. Washington, D.C., 1990. v.2.

BRASIL. Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revista pelo CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial, Brasília, 24 de jul. 1987. Seção 1, pt.1.**

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 Industria e Comércio Fonográfico Ltda, 1998. n. 320, CD-ROM.

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar.exe: sistema de análise de variância.** Versão 3.04. Lavras: UFLA, 2000.

LEACH, H. W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F.(Ed.). **Starch: chemistry and technology.** New York: Academic Press, 1965. v. 1, cap. 12, p. 289-307.

MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry, St. Paul, v.34, n.3, p.141-152, May/June 1957.**

PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo.** 2001. 222 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEXEIRA, A. L. de S. **Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas.** **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 12, p. 287-293, maio/ago. 1999.

PLATA OVIEDO, M. S. V. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas.** 1998. 114 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

RIVERA, H. H. P. **Fermentação de amido de mandioca (manihot esculenta, Crantz); avaliação e caracterização do polvilho azedo.** 1997. 131 p. (Tese Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAPÍTULO 3

ESTUDO FÍSICO, REOLÓGICO E MICROSCÓPICO DA MASSA E DO PÃO DE QUEIJO

1 RESUMO

MACHADO, A. V. Estudo físico, reológico e microscópico da massa e do pão de queijo. In: **Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo**. Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

O pão de queijo é um produto brasileiro de origem mineira que apesar de sua grande importância no mercado, devido ao seu crescente consumo, não possui ainda processo padronizado de produção e de avaliação qualidade, tornando-se necessário um melhor conhecimento do papel do escaldamento nas propriedades reológicas e tecnológicas da massa, do pão de queijo e dos ingredientes nas etapas de produção. Este trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. O objetivo foi estudar o comportamento reológico da massa de pão de queijo em função dos métodos de preparo empregado: sem ou com escaldamento, utilizando leite ou água. Acompanhou-se o comportamento da massa durante as etapas subsequentes: escaldamento, adição e incorporação de ovo e queijo. Foram avaliadas as características microscópicas e de cristalinidade do polvilho azedo e as características físicas e de qualidade da massa e do pão de queijo. De acordo com os resultados, o escaldamento demonstrou ser de grande importância na produção de massa de pão de queijo, influenciando melhores resultados de qualidade física e de textura da massa e do pão de queijo, causando uma gelatinização parcial do polvilho azedo. Não foi possível detectar diferenças entre os tratamentos por meio da análise de microscopia. O escaldamento demonstrou indício de alterações na cristalinidade do polvilho azedo.

* Comitê Orientador: Joelma Pereira – UFLA (orientadora), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira- UFLA e Evódio Ribeiro Vilela - UFLA

2 ABSTRACT

MACHADO, A. V. Physical, rheological and microscopical study of dough and cheese bread. In: **Effect of scalding in the technological properties of cheese bread dough**. Lavras: UFLA, 2003. 105p. (Dissertation-master's degree in Food Science)*

Cheese bread is a Brazilian product which originates from the Minas Gerais region which in spite of its great importance in the market, due to its growing consumption, it doesn't possess standard production and defined quality. Research on this respect is rare, leaving a desire for more information on the product and its quality patterns, making it necessary to have a better understanding of the role of scalding in the rheological properties and technology of the cheese bread dough and of the ingredients in the production stages. This work was carried out in the Department of Food Science at the Federal University of Lavras, Minas Gerais. The objective was to study the rheological behavior of the cheese bread dough in function with the methods used in preparation: with or without scalding, using milk or water in the formulation. The behavior of the dough was accompanied during the subsequent stages: scalding, addition of egg and the incorporation of cheese in the dough. Microscopic characteristics, crystallization of the sour manioc flour, physical characteristics and the quality of the cheese bread dough were analyzed. In agreement with the results, scalding demonstrated to be of great importance in the production of the cheese bread dough, better influencing results of physical quality and of texture of the cheese bread dough, causing a partial gelatinous of the sour manioc flour. It was not possible to detect differences among the treatments through the microscopic analysis. Scalding demonstrated indication of alterations in the crystallization of the sour manioc flour.

* Guidance Committee: Joelma Pereira – UFLA (adviser), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA and Evódio Ribeiro Vilela - UFLA

3 INTRODUÇÃO

As análises de quantificação do comportamento reológico dos alimentos e da investigação das alterações químicas e estruturais constituem um assunto de grande importância para a Ciência dos Alimentos, O conhecimento sobre a qualidade e a integridade física sobre os alimentos é de grande interesse tecnológico, econômico e comercial para o desenvolvimento e processamento de inúmeros produtos.

O pão de queijo é um produto de panificação obtido basicamente do escaldamento do polvilho azedo com água ou leite e óleo, amassamento com ovos, adição de queijo e assamento. É um produto comercializado internacionalmente. Mesmo assim, nos dias atuais, sua produção não é padronizada, tornando-se uma necessidade obter informações tecnológicas sobre suas etapas de processamento, para melhorar a qualidade do pão de queijo colocado no mercado, obtendo assim suporte para padronizar sua produção.

Este trabalho objetivou também caracterizar física e reologicamente a massa e o pão de queijo, buscando meios para padronizar sua fabricação, analisando-se as modificações reológicas que ocorrem devido ao escaldamento com leite ou água e à adição e incorporação de ovo e de queijo durante a mistura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Grãos e Cereais e de Microestrutura Alimentar do Departamento de Ciência dos Alimentos e no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciência dos Solos, todos localizados na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Minas Gerais.

4.1 Matéria-prima

Foi utilizado polvilho azedo proveniente do comércio de Lavras, MG, adotando-se o critério da mesma marca comercial, mesmo lote e data de fabricação recente. Leite integral com embalagem longa vida, ovos frescos, óleo de soja, sal, água potável e queijo tipo parmesão com 60 dias de maturação, também foram provenientes do comércio local, adotando-se o critério de uso da mesma marca comercial e, ou mesma procedência na aquisição destes ingredientes.

4.2 Metodologias

4.2.1 Formulação

Foi seguida uma formulação de pão de queijo básica, utilizando-se 250 g de polvilho azedo, 136 mL de leite, nas formulações com leite e 136 mL de água, nas formulações com água, 41 mL de óleo, 5,5 g de sal, uma unidade de ovo e 62,5 g de queijo, conforme descrito por Pereira (2001).

4.2.2 Obtenção das massas de pão de queijo

As massas de pão de queijo utilizadas neste experimento foram feitas no

farinógrafo Brabender, modelo n. 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 (Pereira, 2001).

O desenvolvimento da massa no farinógrafo foi realizado de acordo com as etapas:

- Etapa 1: 250 g de polvilho azedo foram colocados no misturador do farinógrafo; depois de iniciada a mistura, foi feito o escaldamento com leite + óleo + sal ferventes ou água + óleo + sal ferventes; no caso das formulações sem escaldamento foi adicionado o leite + óleo + sal ou água + óleo + sal à temperatura ambiente;

- Etapa 2: depois de cinco minutos, foi adicionado o ovo, o qual teve a clara e a gema previamente misturadas, imediatamente antes de sua adição;

- Etapa 3: após três minutos, o aparelho foi desligado e adicionado o queijo; novamente o aparelho foi ligado, até que não variasse a consistência, aproximadamente três minutos, quando foi desligado e a massa foi retirada.

4.2.3 Obtenção dos pães de queijo

Após a produção da massa no farinógrafo Brabender, a mesma foi moldada com o auxílio de um molde 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, por um tempo entre 20 e 25 minutos, conforme descrito por Pereira et al. (1999).

4.2.4 Preparo das amostras para a análise de raio-x e microscopia

As amostras neste experimento foram preparadas no farinógrafo Brabender, modelo n. 810101, com misturador com capacidade para 300 g, com pás misturadoras reguladas para velocidade de rotação de 31,5 rpm.

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

250 g de polvilho azedo foram colocados no misturador do farinógrafo; depois de iniciada a mistura foi feito o esaldamento com leite fervente, no caso das formulações feitas com água o esaldamento foi feito com água fervente. Às formulações sem esaldamento foi adicionado o leite ou a água a temperatura ambiente conforme o tratamento. Após cinco minutos o aparelho foi desligado e a amostra foi retirada e levada para estufa com circulação de ar a 40°C até atingir a umidade de 14%.

4.3 Análise

4.3.1 Umidade das massas de pão de queijo

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).

4.3.2 Caracterização física dos pães de queijo

O diâmetro e a altura da massa moldada foram determinados por meio de um paquímetro e seu peso determinado em balança semi-analítica. As mesmas medidas foram observadas nos pães de queijo.

O volume do pão de queijo foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço. Neste método, o volume é calculado subtraindo-se o volume do pão de queijo do volume de sementes colocadas em

um recipiente com e sem o produto, conforme descrito por Pereira (2002).

Foram calculados, a densidade, o volume específico e o índice de expansão dos pães de queijo, conforme as equações apresentadas a seguir:

- densidade = massa (g)/volume

- volume específico = volume/massa (g)

$$\text{Índice de expansão} = \frac{\frac{dpq + apq}{2}}{\frac{dmm + ammm}{2}} \text{ onde:}$$

dpq = diâmetro do pão de queijo (mm)

apq = altura do pão de queijo (mm)

dmm = diâmetro da massa moldada (mm)

amm = altura da massa moldada (mm)

4.3.3 Análise de textura das massas e dos pães de queijo

A textura das massas e dos pães de queijo foi analisada pelo analisador de textura Stable Micro System TAXT2i. Em um becker de vidro, foram colocados 150 mL de massa, as quais foram levadas imediatamente para serem analisadas. Os teste de compressão e propriedades viscoelástica foram determinados pelos gráficos obtidos pelo aparelho utilizando uma probe cilíndrica com extremidade plana com 45 mm de diâmetro, em alumínio.

A resistência à compressão oferecida pelos pães de queijo foi determinada com o auxílio do pistão da célula Ottawa, conforme descrito por Pereira (2001).

Os resultados foram expressos em (N), a temperatura da sala de análise foi de 20°C e os parâmetros de configuração do aparelho foram:

- velocidade do teste = 2,0 mm/s
- velocidade do pré teste = 2,0 mm/s
- velocidade do pós teste = 10,0 mm/s
- força = (N)
- distância de compressão = 10,0 mm

4.3.4 Perfil reológico das massas

Esta etapa compreende um estudo do perfil da massa de pão de queijo por meio dos gráficos resultantes do desenvolvimento desta massa no farinógrafo Brabender, conforme metodologia descrita por Pereira (2001).

Foram considerados quatro tratamentos:

1º) com escaldamento, utilizando-se uma mistura de leite, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (LCE);

2º) sem escaldamento, utilizando-se uma mistura de leite, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (LSE);

3º) com escaldamento, utilizando-se uma mistura de água, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (ACE);

4º) sem escaldamento, utilizando-se uma mistura de água, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (ASE);

Cada etapa do gráfico correspondente à adição da mistura do leite ou da água (Etapa 1), do ovo (Etapa 2) e do queijo (Etapa 3) foi observado individualmente os perfis de todo o gráfico gerado durante a fabricação da massa

grânulos de amido, quando aquecidos, perdem a estrutura cristalina e apresentam maior facilidade para absorver água.

5.2 Caracterização física dos pães de queijo

Serão apresentados neste item os valores de densidade, volume específico e índice de expansão do pão de queijo.

5.2.1 Densidade dos pães de queijo

Os valores médios de densidade (g/cm^3) dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos, são apresentados na Tabela 3.3.

TABELA 3.3 Valores médios de densidade (g/cm^3) dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Pães de queijo	Densidade (g/cm^3)
LCE	0,20 c
LSE	0,23 b
ACE	0,19 d
ASE	0,25 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A baixa densidade constitui um parâmetro de qualidade do pão de queijo; é desejável que os pães de queijo sejam leves, conforme citado por Pereira et al. (1999). Os tratamentos em que o escaldamento foi realizado, proporcionaram pães de queijo com uma menor densidade em relação aos pães de queijo obtidos dos tratamentos em que o escaldamento não foi realizado. Os

Os resultados foram expressos em (N), a temperatura da sala de análise foi de 20°C e os parâmetros de configuração do aparelho foram:

- velocidade do teste = 2,0 mm/s
- velocidade do pré teste = 2,0 mm/s
- velocidade do pós teste = 10,0 mm/s
- força = (N)
- distância de compressão = 10,0 mm

4.3.4 Perfil reológico das massas

Esta etapa compreende um estudo do perfil da massa de pão de queijo por meio dos gráficos resultantes do desenvolvimento desta massa no farinógrafo Brabender, conforme metodologia descrita por Pereira (2001).

Foram considerados quatro tratamentos:

1º) com escaldamento, utilizando-se uma mistura de leite, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (LCE);

2º) sem escaldamento, utilizando-se uma mistura de leite, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (LSE);

3º) com escaldamento, utilizando-se uma mistura de água, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (ACE);

4º) sem escaldamento, utilizando-se uma mistura de água, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo (ASE);

Cada etapa do gráfico correspondente à adição da mistura do leite ou da água (Etapa 1), do ovo (Etapa 2) e do queijo (Etapa 3) foi observado individualmente os perfis de todo o gráfico gerado durante a fabricação da massa

e foram relacionados aos parâmetros de qualidade da massa e, posteriormente, foram relacionados aos pães de queijo produzidos com cada tipo de massa.

4.3.5 Difractometria de raio-x

A umidade das amostras do polvilho hidratado com as misturas escaldadas ou não com leite ou água foi de 14% e 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° , conforme Pereira (2001). A estrutura física dos grânulos foi estudada pela sobreposição dos difractogramas.

4.3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, consistindo dos tratamentos com e sem escaldamento e escaldamento com leite e com água, perfazendo o esquema fatorial (2 x 2).

Os dados foram analisados pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância (SISVAR), utilizando o índice de 5% de probabilidade no teste de Tuckey para comparação das médias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Umidade das massas de pão de queijo

Valores médios de umidade (%) da massa de pão de queijo, em função dos diferentes tratamentos, são apresentados na Tabela 3.2.

TABELA 3.2 Valores médios de umidade (%) da massa de pão de queijo.

Massas dos pão de queijo	Umidade (%)
LCE	37,79 c
LSE	37,09 d
ACE	38,78 a
ASE	38,22 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ($p \leq 0,05$).

A análise estatística provou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos.

Os teores de umidade dos tratamentos que utilizaram formulações com água foram os que apresentaram maiores índices de umidade em relação aos tratamentos utilizando formulações com leite. Tais resultados se devem à constituição química do leite, que apresenta um teor de água em torno de 85,4% a 87,7%, conforme Swaisgood (1985). A sua substituição pela água resultou em massas mais úmidas.

Nota-se que as massas obtidas dos tratamentos em que o escaldamento foi efetuado apresentaram maiores valores de umidade em relação às massas dos tratamentos sem escaldamento. Esse fato pode ser explicado devido ao adicionamento da mistura de escaldamento em temperatura de fervura. Os

grânulos de amido, quando aquecidos, perdem a estrutura cristalina e apresentam maior facilidade para absorver água.

5.2 Caracterização física dos pães de queijo

Serão apresentados neste item os valores de densidade, volume específico e índice de expansão do pão de queijo.

5.2.1 Densidade dos pães de queijo

Os valores médios de densidade (g/cm^3) dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos, são apresentados na Tabela 3.3.

TABELA 3.3 Valores médios de densidade (g/cm^3) dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Pães de queijo	Densidade (g/cm^3)
LCE	0,20 c
LSE	0,23 b
ACE	0,19 d
ASE	0,25 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A baixa densidade constitui um parâmetro de qualidade do pão de queijo; é desejável que os pães de queijo sejam leves, conforme citado por Pereira et al. (1999). Os tratamentos em que o escaldamento foi realizado, proporcionaram pães de queijo com uma menor densidade em relação aos pães de queijo obtidos dos tratamentos em que o escaldamento não foi realizado. Os

resultados do presente trabalho apresentaram valores de densidade menores do que os relatados por Pereira (2001).

5.2.2 Volume específico dos pães de queijo

Na Tabela 3.4 são apresentados os valores médios de volume específico dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.4 Valores médios de volume específico (cm³/g) dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Pães de queijo	Volume específico (cm ³ /g)
LCE	4,90 b
LSE	4,25 c
ACE	5,34 a
ASE	3,77 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Conforme os valores apresentados na Tabelas 3.4, os pães de queijo que apresentaram os maiores valores de volume específico foram os obtidos com escaldamento.

O volume específico e a densidade dependem diretamente da expansão, sendo que a mesma estabelece uma relação direta com o volume e inversa com a densidade.

Durante a condução do experimento, observa-se que os tratamentos LCE e ACE forneceram massas macias, de boa aparência e fáceis de serem trabalhadas, proporcionando pães de queijo com melhores volumes e um ótimo aspecto visual. O tratamento LSE forneceu massas pouco pegajosas, mas de difícil modelagem; já os tratamentos ASE forneceram massas bastante pegajosas

e moles, sem estrutura, difíceis de serem trabalhadas e o formato arredondado obtido quando modelados não era mantido por muito tempo, havendo uma alta tendência ao achatamento até serem assados, apresentando pães de queijo achatados, com pouco volume e aspecto visual pouco satisfatório.

5.2.3 Índice de expansão dos pães de queijo

Na Tabela 3.5 são apresentados os valores médios do índice de expansão dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.5 Valores médios do índice de expansão dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Pães de queijo	Valores do índice de expansão
LCE	1,65 b
LSE	1,41 c
ACE	1,75 a
ASE	1,27 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observando-se os dados da Tabela 3.5, conforme as formulações dos pães de queijo, os maiores índices de expansão foram alcançados pelos pães de queijo obtidos do tratamento ACE, seguido dos pães de queijo obtidos do tratamento LCE, e dos pães de queijo obtidos do tratamento LSE; o menor índice de expansão foi apresentado pelos pães de queijo obtidos do tratamento ASE. A análise estatística provou haver diferença significativa ($P < 0,05$) entre todos os tratamentos.

Em estudo realizado por Silva et al. (1998) verificou-se que o índice de

expansão é altamente dependente da velocidade de gelatinização do amido, a qual está diretamente correlacionada com a quantidade de água disponível.

Os pães de queijo de melhor qualidade são aqueles que, entre outras características, possuem o maior índice de expansão, conforme citado por Pereira (2001). Os tratamentos em que o escaldamento foi realizado conferiram aos pães de queijo um maior índice de expansão em relação aos tratamentos em que o escaldamento não foi realizado.

A Figura 3.3 mostram as fotografias dos pães de queijo obtidos em função dos diferentes tratamentos.

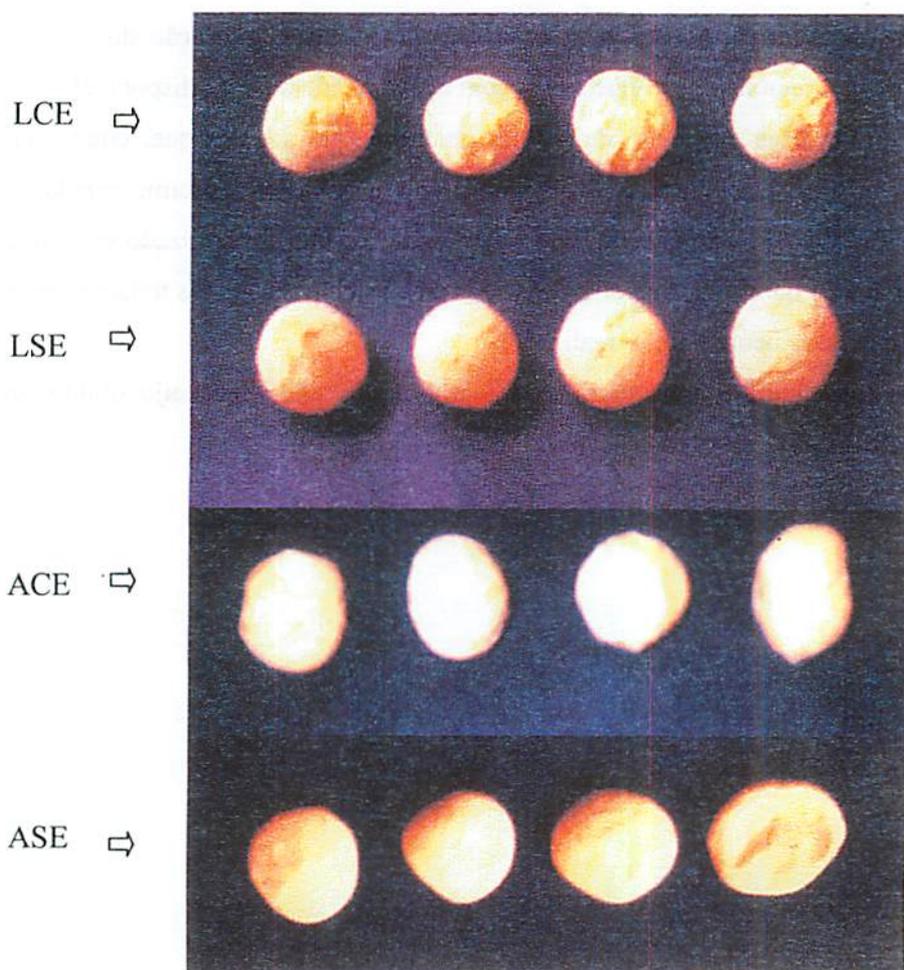


FIGURA 3.3 Pães de queijo obtidos em função dos diferentes tratamentos: leite e com escaldamento (LCE), leite e sem escaldamento (LSE), água e com escaldamento (ACE), água e sem escaldamento (ASE).

5.3 Análise de textura da massa dos pães de queijo

Na Tabela 3.6 são apresentados os valores médios da resistência à máxima força de compressão oferecida pelas massas dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.6 Valores médios da resistência à máxima força de compressão em newton (N) oferecida pelas massas dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Massas dos pães de queijo	Valores da força de compressão (N)
LCE	23,38 b
LSE	16,80 c
ACE	38,98 a
ASE	9,30 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se na Tabela 3.6, que as massas dos pães de queijo obtidas do tratamento ACE demonstraram um valor mais elevado da máxima força de compressão, seguidas pelas massas dos tratamentos LCE e LSE. O menor valor da máxima força de compressão foi obtido pelas massas do tratamento ASE.

Sabe-se que o escaldamento proporciona modificações na estrutura interna dos grânulos de amido, provocando a quebra de pontes de hidrogênio que mantêm o seu arranjo molecular. Com isso, ocorre a hidratação e inchamento dos grânulos de amido. O tratamento ACE resultou em uma maior hidratação do polvilho azedo, apresentando massas com ótima consistência e fáceis de serem trabalhadas. O tratamento LCE também apresentou massas com ótima consistência e fáceis de serem trabalhadas, mas o leite resultou em uma menor hidratação do polvilho azedo, conferindo um menor valor de resistência à compressão. As massas obtidas dos tratamentos sem escaldamento apresentaram-se muito moles e pegajosas, difíceis de serem manuseadas. As massas obtidas do tratamento ASE foram as que apresentaram os menores valores de resistência à compressão.

As Figura 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 mostram os gráficos de textura obtidos pelo



acompanhamento das massas dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos. As curvas resultantes destas análises revelam que as massas dos pães de queijo apresentaram consistência fluida e cremosa, o que está indicado pela maior força de resistência final e pela presença de vários picos de ruptura na curva da amostra. A área negativa sob a abscissa do tempo indica a resistência oferecida pela massa quando da retirada da probe.

O tratamento LCE apresentou uma curva com comportamento gradativo da força de compressão, indicado por um crescimento constante. O tratamento LSE apresentou uma maior resistência inicial da força de compressão, indicada pela maior resistência da penetração da probe na amostra, aumentando gradativamente até a máxima força de compressão e também uma maior resistência da retirada da probe da amostra em relação ao tratamento LCE.

O tratamento ACE apresentou uma curva com um crescimento gradativo da força de compressão com picos de ruptura no final da máxima força de compressão. O tratamento ASE apresentou uma maior resistência no início da penetração da probe, indicada por um maior valor da força de compressão inicial, apresentando picos de ruptura até a máxima força de compressão, oferecendo uma maior resistência da retirada da probe em relação ao tratamento ACE.

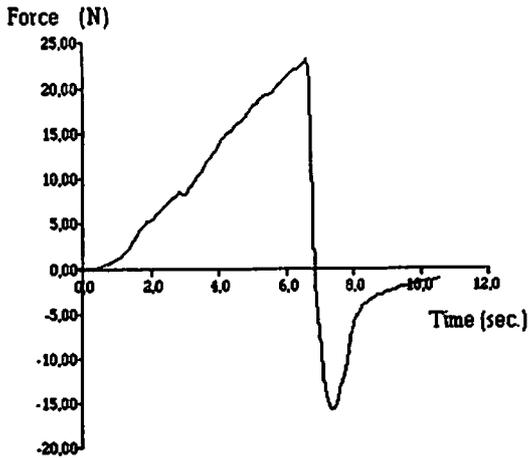


FIGURA 3.4 Gráfico médio da máxima força de compressão, obtido pelo acompanhamento da massa da formulação com leite e com escaldamento (LCE).

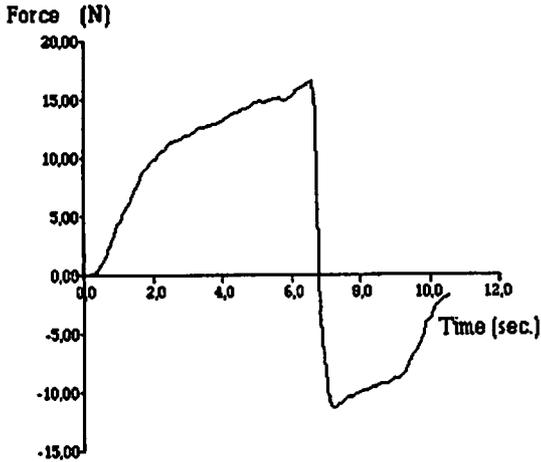


FIGURA 3.5 Gráfico médio da máxima força de compressão, obtido pelo acompanhamento da massa da formulação com leite sem escaldamento (LSE).

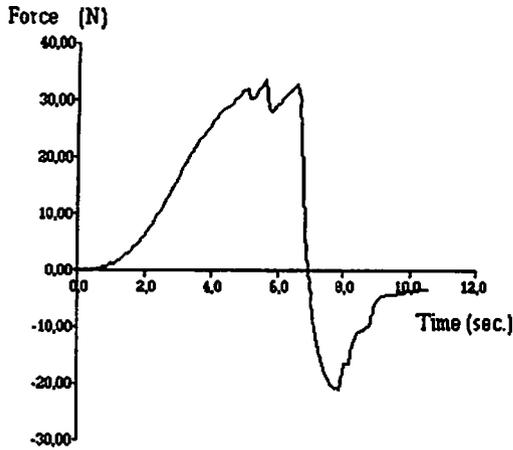


FIGURA 3.6 Gráfico médio da máxima força de compressão, obtido pelo acompanhamento da massa da formulação água com escaldamento (ACE).

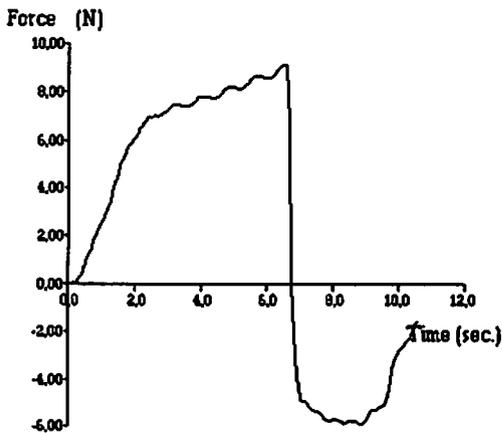


FIGURA 3.7 Gráfico médio da máxima força compressão, obtido pelo acompanhamento da massa da formulação com água sem escaldamento (ASE).

5.4 Análise de textura dos pães de queijo

Na Tabela 3.7 são apresentados os valores médios da máxima força de compressão oferecida pelos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.7 Valores médios da máxima força de compressão em newton (N) oferecida pelos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Pães de queijo	Valores de força de compressão (N)
LCE	16,64 c
LSE	33,70 a
ACE	28,99 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se, na Tabela 3.7, que os pães de queijo obtidos do tratamento LSE obtiveram um valor mais elevado para máxima força de compressão, seguidos dos pães de queijo obtidos do tratamento ACE. O menor valor da máxima força de compressão foi obtido pelos pães de queijo do tratamento LSE. Os pães de queijo obtidos do tratamento ASE não foram analisados porque a força de compressão exigida por eles excedeu a 5.000 g, força máxima alcançada pelo aparelho. A análise estatística provou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos.

Observa-se que o escaldamento do polvilho azedo afetou diretamente a textura dos pães de queijo, resultando em pães de queijo mais macios. Os pães de queijo obtidos do tratamento LCE, apresentaram-se mais macios, pois o leite,

devido à sua constituição química, proporcionou uma série de alterações desejáveis nos pães de queijo, como melhor sabor, textura, maciez do miolo, retenção de umidade, coloração da casca e aumento de seu valor nutricional. Os pães de queijo obtidos do tratamento ACE apresentaram-se mais firmes, com uma coloração da casca mais clara. Já os pães de queijo obtidos do tratamento LSE apresentaram-se muito firmes.

Os resultados dos pães de queijo obtidos do tratamento LCE apresentaram-se próximos aos encontrados por Pereira (2001), que relatou valores de 1.634,0 g e 1.774,5 g para os tratamentos polvilho azedo e formulação completa.

As Figuras 3.8, 3.9 e 3.10 mostram os gráficos médios da máxima força de compressão obtidos pelo acompanhamento dos pães de queijo em função dos diferentes tratamentos.

Os tratamentos LCE e LSE apresentaram perfil de curva semelhantes, o que está indicado pela presença de vários picos de ruptura na curva até atingir a máxima força de compressão, revelando que os pães de queijo apresentaram casca desuniforme. O tratamento ACE apresentou uma curvas com um aumento gradativo da força de compressão sem picos de ruptura, apresentando uma casca fina e lisa do pão de queijo.

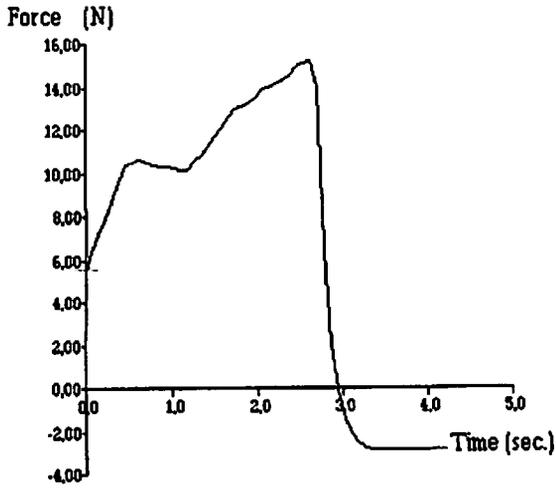


FIGURA 3.8 Gráfico médio da máxima força de compressão do pão de queijo, obtido da formulação (LCE).

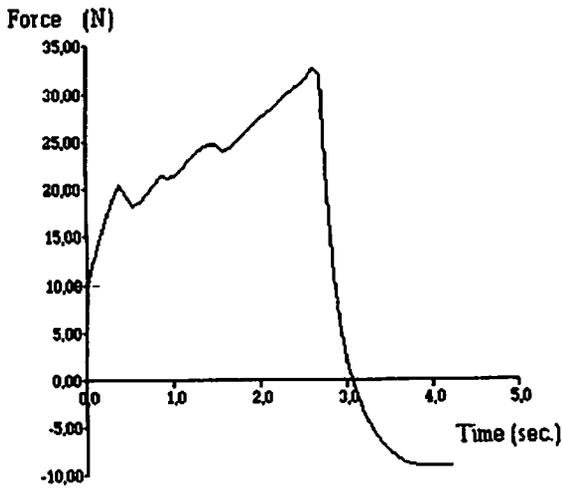


FIGURA 3.9 Gráfico médio da máxima força de compressão do pão de queijo, obtido da formulação (LSE).

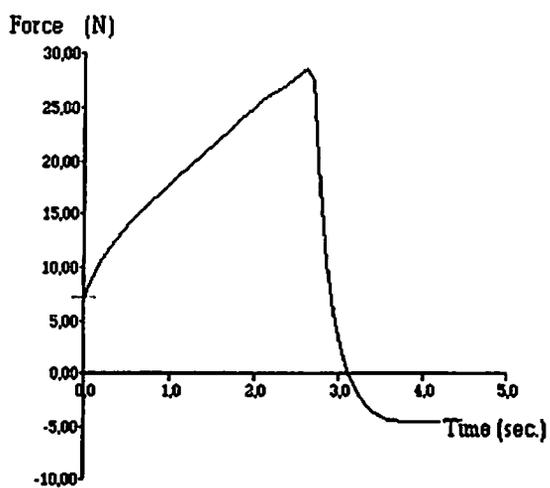


FIGURA 3.10 Gráfico médio da máxima força de compressão do pão de queijo, obtido da formulação (ACE).

5.5 Diffractometria de raio-x

Os difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo para os diferentes tratamentos em função da realização ou não do escaldamento e do escaldamento com leite ou água são apresentados na Figura 3.1.

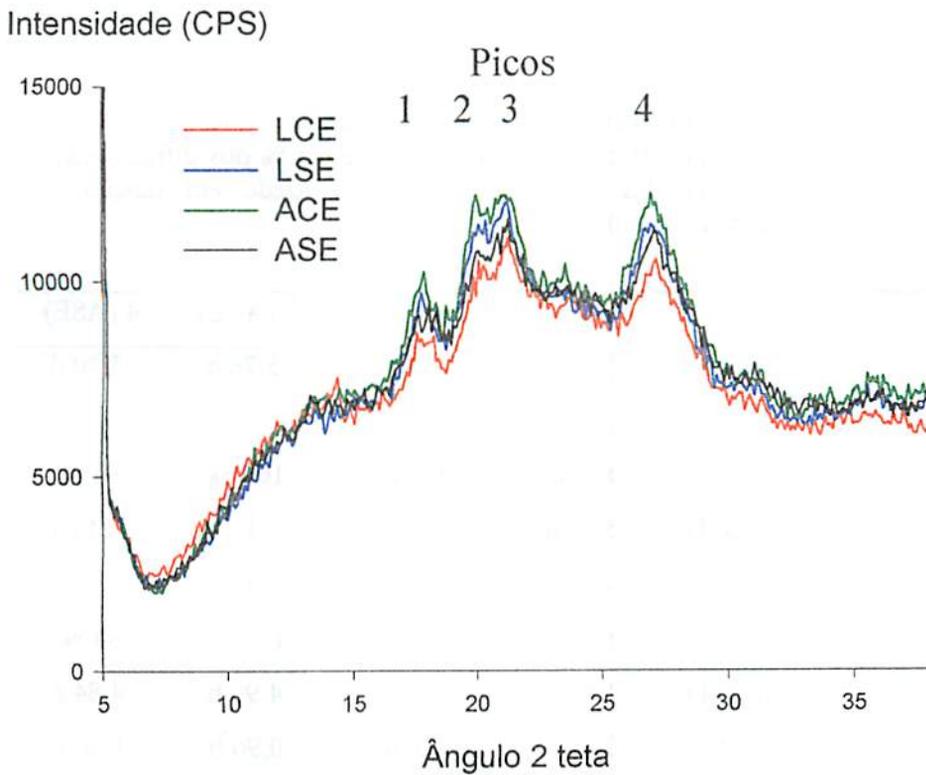


FIGURA 3.1 Diffractogramas de raio-x das massas de polvilho azedo em função do ângulo 2θ , para os diferentes tratamentos.

A Tabela 3.1 mostra os valores médios dos espaços interplanares (espaço d em Å), largura a meia altura (LMA) em ângulo 2θ e intensidade dos picos em % dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo em função dos diferentes tratamentos. A ordem dos picos está relacionada da esquerda para a direita na Figura 3.1.

TABELA 3.1 Espaço interplanar (espaço d em Å), largura a meia altura (LMA) em ângulo 2θ e intensidade dos picos em % dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo em função dos diferentes tratamentos.

Picos	Tratamentos	1 (LCE)	2 (LSE)	3 (ACE)	4 (ASE)
1°	Espaço D	5,86 a	5,80 b	5,76 c	5,70 d
1°	LMA	0,90 d	1,00 b	0,96 c	1,10 a
1°	CPS	85 %	94 %	100 %	91 %
2°	Espaço D	5,18 a	5,19 a	5,16 a	5,14 a
2°	LMA	0,50 d	1,00 a	0,87 b	0,80 c
2°	CPS	82 %	92 %	100 %	88 %
3°	Espaço D	4,85 a	4,87 a	4,90 b	4,84 c
3°	LMA	0,90 c	1,20 a	0,96 b	1,00 b
3°	CPS	91 %	98 %	100 %	95 %
4°	Espaço D	3,81 a	3,84 a	3,83 a	3,82 a
4°	LMA	1,85 b	2,00 a	1,90 b	1,96 a
4°	CPS	86 %	93 %	100 %	92 %

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A difractometria de raio-x foi utilizada para estudar a cristalinidade do polvilho azedo após a etapa 1, pois a estrutura cristalina do amido diminui com a intensidade em que ocorre a gelatinização (Biliaderis, 1991).

Observando-se a Tabela 3.1 constata-se que os difractogramas de raio-x das amostras da etapa 1 apresentaram estrutura cristalina com picos característicos nos respectivos ângulos: 17,8° , 19,9° , 21,1° e 27,0°. Os difractogramas de raio-x de polvilho azedo apresentaram comportamento parecido. A análise estatística provou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos.

Analisando-se os difractogramas de raios-x obtidos, verifica-se que o escaldamento não causou mudanças drásticas na cristalinidade dos grânulos de polvilho azedo, mas há indícios de que causaram alterações em sua estrutura cristalina. Isto pode ser confirmado pela redução dos valores da largura a meia altura (LMA), ocorrida com o escaldamento efetuado.

5.6 Perfil reológico das massas

O farinógrafo é um aparelho desenvolvido para análise da qualidade da farinha de trigo. Porém, este aparelho foi utilizado para a fabricação das massas de pão de queijo e para o registro da consistência das mesmas por meio dos movimentos das pás do aparelho. Dessa forma, foi possível realizar o acompanhamento da evolução da consistência registrada no aparelho e expressa em unidades farinográficas (UF).

As Figura 3.11, 3.12 e 3.13 mostram o perfil das curvas obtidas pelo acompanhamento das massas durante as etapas de processamento no farinógrafo Brabender, em função dos diferentes tratamentos.

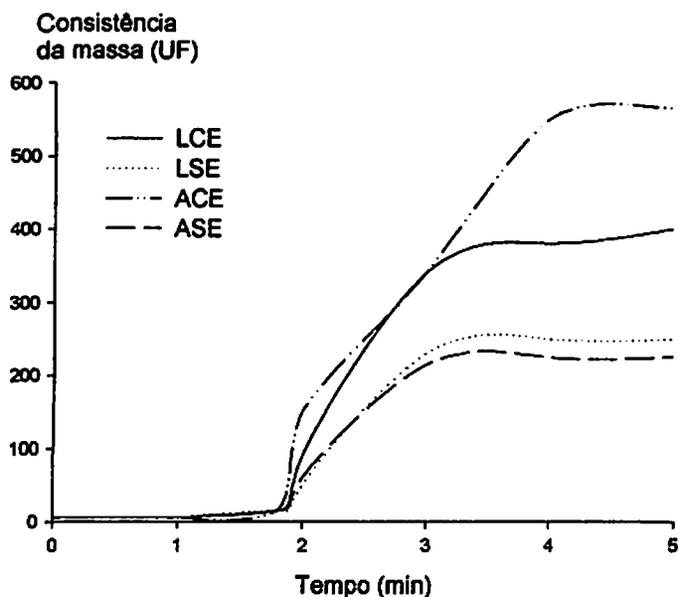


FIGURA 3.11 Curvas de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de zero a cinco minutos no farinógrafo Brabender, correspondente à etapa 1, em função dos diferentes tratamentos.

A Figura 3.12 mostra o perfil das curvas obtidas pelo acompanhamento das massas no tempo de cinco a oito minutos no farinógrafo Brabender, etapa correspondente à adição de ovo nas massas ou segunda etapa do processamento.

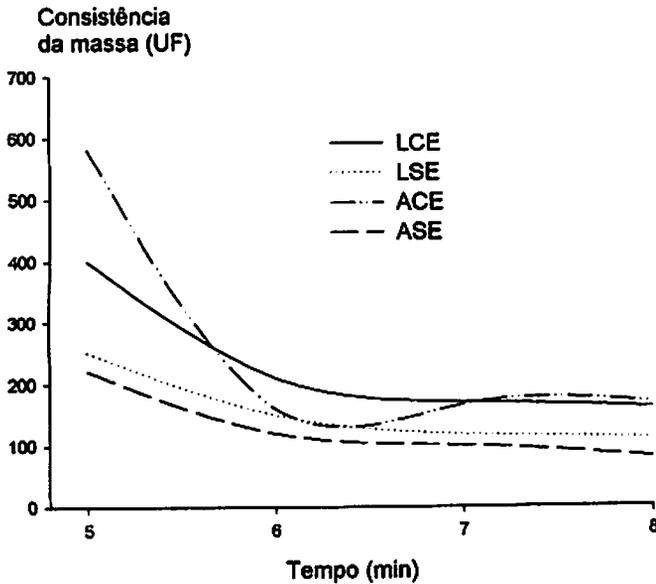


FIGURA 3.12 Curvas de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de cinco a oito minutos no farinógrafo Brabender, etapa 2, correspondente à adição de ovo nas massas, em função dos diferentes tratamentos.

A Figura 3.13 mostra o perfil das curvas obtidas pelo acompanhamento das massas, no tempo de oito a doze minutos no farinógrafo Brabender, etapa correspondente à adição de queijo nas massas, terceira etapa do processamento.

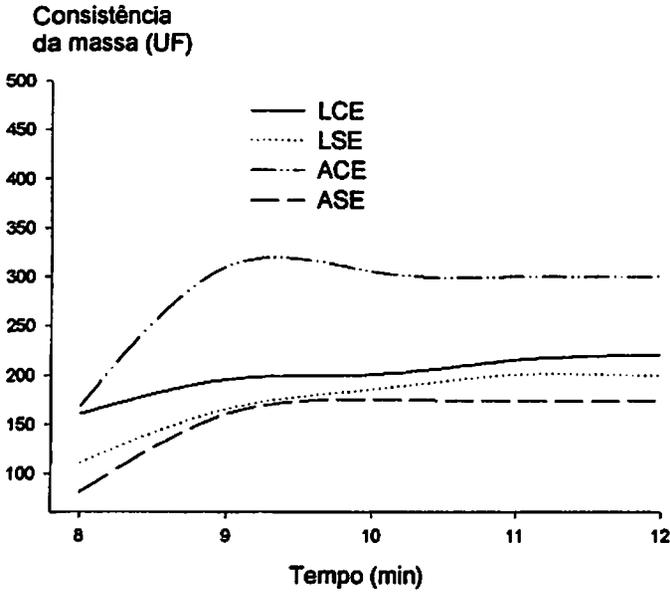


FIGURA 3.13 Curvas de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de oito a doze minutos no farinógrafo Brabender, etapa 3, correspondente à adição de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

As Figuras 3.14, 3.15 e 3.16 mostram as análises de regressão realizadas para as três etapas de produção do pão de queijo.

A Figura 3.14 mostra os valores médios observados da equação de regressão para as massas de pão de queijo, no tempo de zero a cinco minutos no farinógrafo Brabender, correspondente à primeira etapa de processamento.

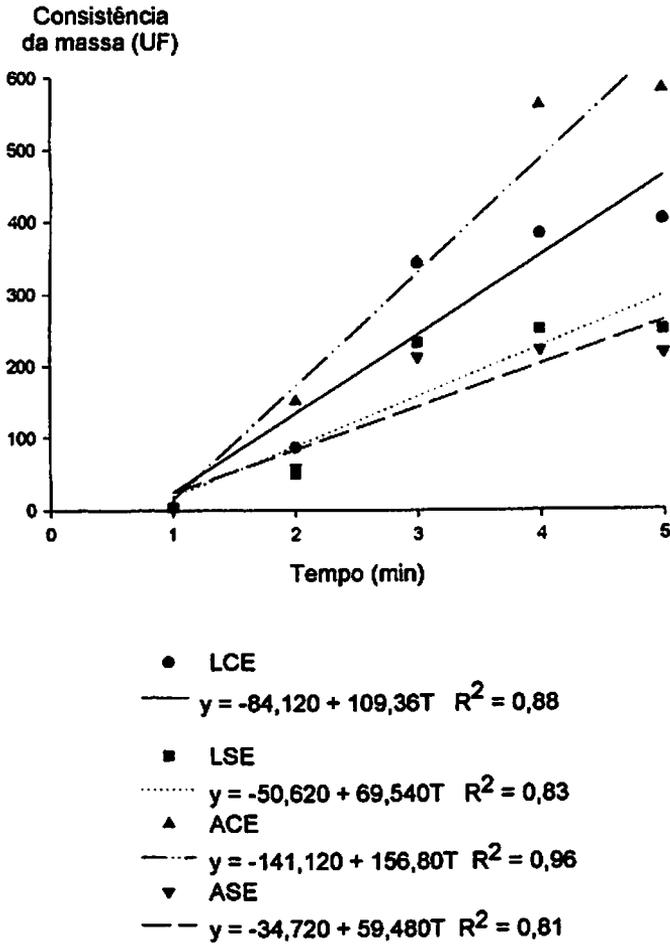


FIGURA 3.14 Representação gráfica e equação de regressão para os valores de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de zero a cinco minutos, no farinógrafo Brabender em função dos diferentes tratamentos.

A Figura 3.15 mostra os valores médios observados da equação de

regressão para as massas de pão de queijo, no tempo de cinco a oito minutos no farinógrafo Brabender, etapa correspondente à adição de ovo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

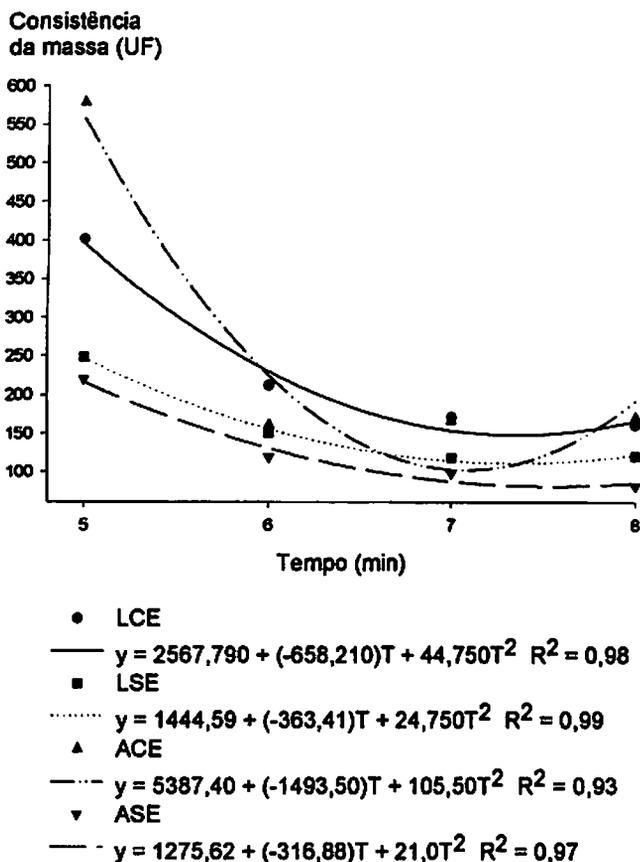


FIGURA 3.15 Representação gráfica e equação de regressão para os valores de consistência das massas de pão de queijo na etapa correspondente à adição de ovo nas massas, em função dos diferentes tratamentos.

A Figura 3.16 mostra os valores médios observados e a equação de regressão para as massas de pão de queijo, no tempo de oito a doze minutos no farinógrafo Brabender, etapa correspondente à adição de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

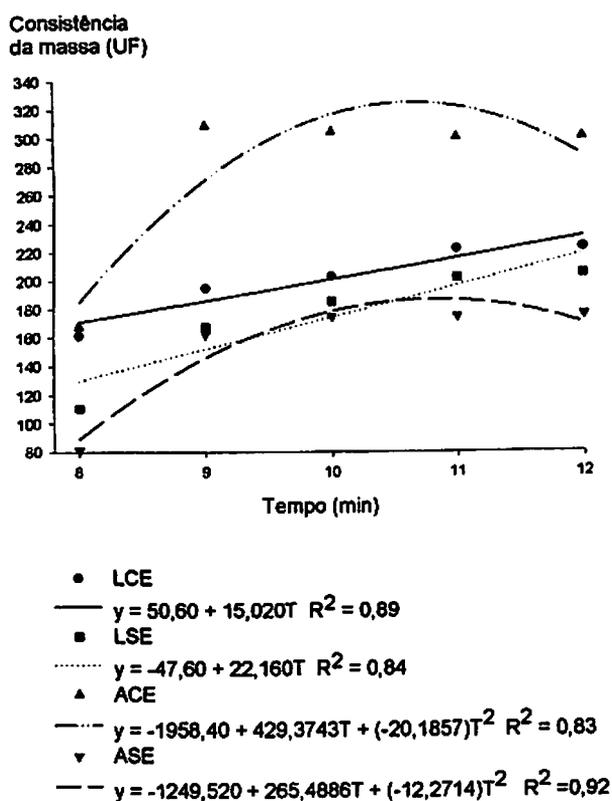


FIGURA 3.16 Representação gráfica e equação de regressão para os valores de consistência das massas de pão de queijo na etapa correspondente à adição de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

A Figura 3.17 mostra as curvas obtidas pelo acompanhamento das massas no farinógrafo Brabender, em função dos diferentes tratamentos.

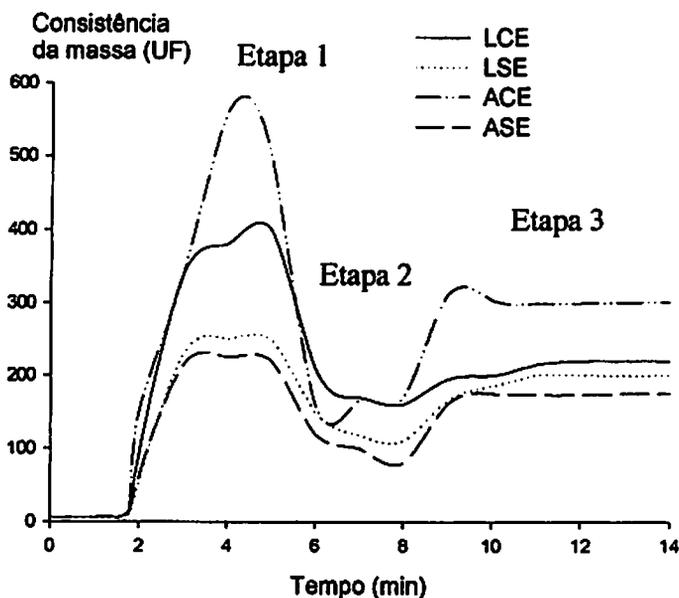


FIGURA 3.17 Curvas de consistência das massas de pão de queijo obtidas pelo acompanhamento das massas no farinógrafo Brabender, em função dos diferentes tratamentos.

Observando-se as curvas de consistência das massas de pão de queijo da Figura 3.17, pode-se dizer que todos os tratamentos apresentaram perfis parecidos. Isso demonstra que o aparelho registrou uma elevação da consistência das massas, devido ao esaldamento ou adição de leite ou água ao polvilho azedo (primeira etapa), seguido de uma drástica queda dos valores de consistência devido à adição e incorporação de ovo (segunda etapa), com uma

posterior elevação da consistência pela adição e incorporação de queijo (terceira etapa).

O escaldamento conferiu às massas maiores valores de consistência resultando em massas com ótima consistência e plasticidade, fáceis de serem trabalhadas, sendo retiradas com facilidade do farinógrafo, pois não estavam grudadas excessivamente no aparelho. As massas já moldadas também se apresentaram firmes, conservando o formato até serem levadas ao forno. Os pães de queijo produzidos por estas massas apresentaram melhor textura, resultando em pães de queijo mais macios. Os pães de queijo obtidos do tratamento LCE mostraram-se mais macios e de formato mais arredondado do que pães de queijo obtidos do tratamento ACE, que apresentaram-se mais firmes, com formato irregular e uma coloração da casca mais clara.

As massas obtidas dos tratamentos sem escaldamento apresentaram-se muito moles e pegajosas, apresentando dificuldade para serem retiradas do farinógrafo, pois estavam grudadas no aparelho. O tratamento LSE forneceu massas pouco pegajosas, dificultando um pouco sua modelagem. Já o tratamento ASE forneceu massas bastante pegajosas e moles, sem estrutura e o formato arredondado obtido quando modelados não foi mantido por muito tempo, havendo uma alta tendência ao achatamento até serem assadas, sendo difíceis de serem trabalhadas e apresentando pães de queijo achatados de pouco volume e aspecto visual ruim.

Na Tabela 3.8 são apresentados os valores médios obtidos de consistência das massas de pão de queijo obtidos no tempo de cinco minutos no farinógrafo Brabender, em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.8 Médias dos valores finais de consistência das massas de pão de queijo no tempo de cinco minutos, em unidades farinográficas, em função dos diferentes tratamentos.

Massas dos pães de queijo	Consistência (UF)
LCE	402 b
LSE	251 c
ACE	583 a
ASE	220 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se, na Tabela 3.8, que as massas dos pães de queijo obtidas do tratamento ACE alcançaram um valor mais elevado de consistência, seguidas pelas massas dos pães de queijo do tratamento LCE e LSE. O menor valor de consistência foi obtido pelas massas dos pães de queijo do tratamento ASE. A análise estatística provou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos.

O escaldamento é feito com o objetivo de iniciar o processo de gelatinização do amido, proporcionando características desejáveis ao processamento, obtendo assim massas mais fáceis de trabalhar e resultando em pães de queijo mais macios e saborosos.

Pela Figura 3.11, observa-se que o escaldamento efetuado com a mistura água + óleo + sal alcançou valores maiores de consistência em relação ao escaldamento efetuado com a mistura leite + óleo + sal. Este resultado pode ser interpretado como tendo a mistura de escaldamento com água proporcionado às massas uma maior hidratação e inchamento dos grânulos de amido oferecendo, conseqüentemente, uma maior resistência das massas a serem misturadas pelo aparelho.

Na Tabela 3.9 são apresentados os valores médios obtidos de consistência das massas de pão de queijo, no tempo oito minutos no farinógrafo Brabender.

TABELA 3.9 Valores médios de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de oito minutos, em unidades farinográficas, etapa correspondente à incorporação de ovo na massa, em função dos diferentes tratamentos.

Massas dos pães queijo	Valores de consistência (UF)
LCE	160 b
LSE	110 c
ACE	170 a
ASE	80 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A adição de ovo na massa provocou uma drástica queda dos valores de consistência conforme pode-se visualizar na Figura 3.12 e nos valores apresentados na Tabela 3.9. As massas obtidas dos tratamentos com escaldamento demonstraram um decréscimo mais rápido da consistência da massa em relação às massas dos tratamentos sem escaldamento. A massa do tratamento ASE apresentou um menor valor de consistência em relação a todos os tratamentos. A análise estatística provou haver diferença significativa ($P < 0,05$) entre todos os tratamentos.

Observa-se também que a consistência aumentou sutilmente com a completa incorporação do ovo à massa.

Na Tabela 3.10 são apresentados os valores médios obtidos de

consistência das massas de pão de queijo no tempo de doze minutos, em unidades farinográficas, etapa correspondente à incorporação de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.10 Valores médios de consistência das massas de pão de queijo, no tempo de doze minutos, em unidades farinográficas, etapa correspondente à incorporação de queijo nas massas, em função dos diferentes tratamentos.

Massas dos pães de queijo	Valores de consistência (UF)
LCE	225 b
LSE	200 c
ACE	305 a
ASE	170 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Figura 3.13 e a Tabela 3.10, a adição do queijo promoveu uma elevação gradativa e constante da consistência das massas, principalmente nos dois primeiros minutos, estabilizando-se logo em seguida. Todos os tratamentos apresentaram este comportamento, exceto as massas do tratamento ACE que tiveram um abrupto incremento na consistência após a adição de queijo, e logo em seguida, uma diminuição com o tempo de mistura e se estabilizaram. A análise estatística demonstrou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos.

Na Tabela 3.11 são apresentados os valores médios obtidos de consistência final das massas de pão de queijo no farinógrafo Brabender, em função dos diferentes tratamentos.

TABELA 3.11 Valores médios de consistência final das massas de pão de queijo, em unidades farinográficas, em função dos diferentes tratamentos.

Massas dos pães de queijo	Valores de consistência (UF)
LCE	220 b
LSE	200 c
ACE	300 a
ASE	170 d

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se a Tabela 3.11, verifica-se, ao final da mistura, que as massas de polvilho azedo apresentaram valores semelhante aos valores encontrados no trabalho apresentado por Pereira (2001). Este autor relatou valores de 205 e 220 unidades farinográficas para formulações completas. A análise estatística demonstrou haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos.

6 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

– o escaldamento causou alterações sutis na cristalinidade das amostras analisadas detectadas pela análise de difractometria de raio-x, sugerindo uma gelatinização parcial dos grânulos de amido;

– o escaldamento iniciou o processo de gelatinização e teve grande influência na qualidade das massas de pão de queijo e nos pães de queijo produzidos por elas. As massas obtidas pelo escaldamento apresentaram-se mais macias, com boa aparência e pouco pegajosas, sendo fáceis de serem trabalhadas, apresentando melhores resultados de consistência e textura em relação aos outros tratamentos;

– os pães de queijo produzidos pelos tratamentos onde foi realizado o escaldamento no polvilho azedo apresentaram melhores resultados de volume, textura, índice de expansão e uma menor densidade, em relação aos tratamentos em que o escaldamento não foi realizado. Merece destaque o tratamento com escaldamento com mistura de leite + óleo + sal, o qual proporcionou massas e pães de queijo de melhor qualidade;

– os resultados sugerem que, para a obtenção de massa e pão de queijo de melhor qualidade, o escaldamento é uma etapa essencial, dando-se preferência à utilização de leite na mistura de escaldamento, para obtenção de pães de queijo como melhor sabor, textura, maciez, coloração da casca e aumento de seu valor nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of the association of the agricultura Chemists**. 15. ed. Washington, D.C., 1990. v.2.
- BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch wiht Food. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, n. 1, p. 69-78, Jan. 1991.
- CAMPOS, S. D. S. **Reologia e textura em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989. p. 83.
- FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar.exe: sistema de análise de variância**. Versão 3.04. Lavras: UFLA, 2000.
- MCMASTERS, M. M. Microscopic techniques for determining starch granule. In: WHISTLER, R. L. **Methods in carbohydrates chemistry IV. Starch**. New York: Academic Press, 1964. p. 233-240.
- PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo**. 2001. 222 p. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEXEIRA, A. L. de S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 12, p. 287-293, maio/ago. 1999.
- PEREIRA, G. I. S. **Avaliação química e sensorial de pão de queijo enriquecido com folhas de cenoura**. 2002. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SANTOS, J. A. F. Análise da textura garante consistência uniforme. **Food Ingredientes**, São Paulo, Brasil, v. 11, p 28-29, mar./abr. 2001.
- SAWAISGOOD, H. E. Characteristics of edible of animal oringin: milk. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 791-827.

SILVA, C. E. M.; FAÇANHA, S. H. F.; SILVA, M. G. Efeito do teor de amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 60-62. jan./abr. 1998.

ANEXOS

ANEXO A

Páginas

TABELA 1A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para espaço interplanar (espaço d) e largura meia altura (LMA), dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.....	96
TABELA 2A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de tratamento dentro de cada nível de pico para espaço interplanar (espaço D) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.....	96
TABELA 3A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de pico dentro de cada nível de tratamento para espaço interplanar (espaço D) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.....	97
TABELA 4A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.....	98
TABELA 5A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de tratamento dentro de cada nível de pico para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.....	99

TABELA 6A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de pico dentro de cada nível de tratamento para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.	100
TABELA 7A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade das massas de pão de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	101
TABELA 8A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	101
TABELA 9A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para volume dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	102
TABELA 10A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para índice de expansão dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	102
TABELA 11A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para textura da massa dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	103
TABELA 12A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para textura dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	103
TABELA 13A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, no tempo de oito minutos etapa correspondente á incorporação de ovo na massa, em função dos diferentes tratamentos.....	104

TABELA 14A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, no tempo de cinco minutos, em função dos diferentes tratamentos.....	104
TABELA 15A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo no tempo de doze minutos, etapa correspondente a incorporação de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.....	105
TABELA 16A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência final das massas de pão de queijo, em função dos diferentes tratamentos.....	105

TABELA 1A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para espaço interplanar (espaço d) e largura meia altura (LMA), dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	0.011066**
Pico	3	3.376639**
Tratamento* Pico	9	0.005994**
Erro	64	0.001163
CV (%) = 0,69		

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 2A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de tratamento dentro de cada nível de pico para espaço interplanar (espaço d) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação		Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	/1	3	0.022247**
Tratamento	/2	3	0.00238 ns
Tratamento	/3	3	0.003500*
Tratamento	/4	3	0.000920ns
Resíduo		64	0.001163

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns não- significativo, pelo teste de F de snedecor.

TABELA 3A Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de pico dentro de cada nível de tratamento para espaço interplanar (espaço D) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em fungão dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Pico /1	3	3.659151**
Pico /2	3	3.342712**
Pico /3	3	3.258608**
Pico /4	3	3.134150**
Resíduo	64	0.001163

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 4A Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em fungão dos diferentes tratamentos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Treatamento	3	0.219445**
Pico	3	5.120028**
Treatamento* Pico	9	0.048775**
Erro	64	0.002046

CV (%) = 3,82

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 5A Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de tratamento dentro de cada nível de pico para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em fungão dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Treatamento	3	0.034220**
Treatamento /2	3	0.225258**
Treatamento /3	3	0.084500**
Treatamento /4	3	0.021792**
Resíduo	64	0.002046

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 6A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para o desdobramento de pico dentro de cada nível de tratamento para largura meia altura (LMA) dos difractogramas de raio-x das amostras de polvilho azedo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação		Graus liberdade	Quadrados médios
Pico	/1	3	1.611420**
Pico	/2	3	1.113553**
Pico	/3	3	1.230213**
Pico	/4	3	1.311167**
Resíduo		64	0.002046

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 7A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade das massas de pão de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação		Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento		3	2.549407**
erro		16	0.028305

CV = 0,44

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 8A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação		Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento		3	0.004052**
erro		16	0.000139

CV = 5,35

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 9A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para volume dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	2.421800**
erro	16	0.016455

CV = 2,81

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 10A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para índice de expansão dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	0.238813**
erro	16	0.000853

CV = 1,92

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 11A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para textura da massa dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	797.587044**
erro	16	5.578704

CV = 10,68

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 12A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para textura dos pães de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	387.559552**
erro	16	3.088603

CV = 6,65

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 13A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, no tempo oito minutos, etapa correspondente á incorporação de ovo na massa, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	8840.733333*
erro	16	14.500000

CV = 2,92

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 14A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, no tempo de cinco minutos, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	37699.600000**
erro	16	11.625000

CV = 0,94

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 15A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência das massas de pão de queijo, no tempo de doze minutos, etapa correspondente a incorporação de queijo nas massas em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	16663.733333**
erro	16	13.875000

CV = 1,65

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 16A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para consistência final das massas de pão de queijo, em função dos diferentes tratamentos.

Fontes variação	Graus liberdade	Quadrados médios
Tratamento	3	15567.516667**
erro	16	15.025000

CV = 1,74

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.