



CARINA LUMIE PEREIRA NAGATA

**OTIMIZAÇÃO DE UMA PRÉ-MISTURA PARA
PÃO DE QUEIJO**

LAVRAS – MG

2011

CARINA LUMIE PEREIRA NAGATA

OTIMIZAÇÃO DE UMA PRÉ-MISTURA PARA PÃO DE QUEIJO

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

Orientadora

Dra. Joelma Pereira

Coorientadores

Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

LAVRAS – MG

2011

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

Nagata, Carina Lumie Pereira.

Otimização de uma pré-mistura para pão de queijo / Carina
Lumie Pereira Nagata. – Lavras: UFLA, 2011.

146 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Joelma Pereira.

Bibliografia.

1. Panificação. 2. Análise sensorial. 3. Viscosidade de pasta. 4.
Calorimetria diferencial de varredura. 5. Delineamento de mistura.
6. Análises óticas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.753

CARINA LUMIE PEREIRA NAGATA

OTIMIZAÇÃO DE UMA PRÉ-MISTURA PARA PÃO DE QUEIJO

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

APROVADA em 3 de outubro de 2011.

Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

UFLA

Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

EMBRAPA
AGROINDÚSTRIA DE
ALIMENTOS

Dr. Renato Ribeiro de Lima

UFLA

Dra. Joelma Pereira

Orientadora

LAVRAS – MG

2011

A Deus, por guiar sempre o meu caminho

OFEREÇO

Aos meus pais, Angela e Luís Carlos, por me apoiarem nessa trajetória e, em especial, ao meu irmão Erick, por estar sempre presente em minha vida,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela força e coragem para vencer os obstáculos.

A Santa Rita de Cássia, por sua divina misericórdia.

Aos meus pais, Angela e Luís Carlos, pelo amor, dedicação e apoio nas horas mais difíceis.

Ao meu irmão, Erick, pelo apoio, companhia, amizade, paciência e por estar sempre presente.

Ao Junior, pelo amor, compreensão e apoio.

A toda a minha família, em especial aos meus avós maternos, Cleusa e Tomé, por dedicarem suas vidas em favor dos netos.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro ao Projeto Processo nº CAG APQ 01880/09.

A minha orientadora, Joelma Pereira, por acreditar em mim, pelos seus ensinamentos, paciência, compreensão e amizade, estando sempre presente ao longo desta jornada.

Aos meus coorientadores, Ana Carla Marques Pinheiro e Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, pelo apoio, paciência e ensinamentos.

Ao professor Renato Ribeiro de Lima, pelo apoio nas análises estatísticas, tão importantes na realização deste trabalho.

A todos os funcionários do DCA que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Às empresas Kerry, Gemacom Tech e Aviário Santo Antônio, pelo fornecimento das amostras de queijo em pó e gordura vegetal em pó, amido de mandioca pré-gelatinizado e ovo integral desidratado, respectivamente.

A todos os amigos do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, Amanda, Annayara, Antonia, Débora, Elizandra, Fausto, Igor, Janyelle, Kelen, Lays, Leonardo, Lorena, Luan, Luciana, Natália, Raul, em especial a Gisele, João Renato e Lucinéia, pelo auxílio na realização deste trabalho e por tornar esta jornada muito mais agradável.

Aos ex-professores e amigos, Cristiane Gattini Sbampato e Alexandre Tourino Mendonça, pelo apoio e amizade.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, muito obrigada!!!

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O pão de queijo é um produto de panificação típico do Brasil, conhecido internacionalmente e de grande importância para a culinária de Minas Gerais, estado de onde se originou, sendo comercializado de várias formas, inclusive como pré-mistura. Nesse contexto, objetivou-se, com o presente trabalho, a otimização de uma formulação de pré-mistura para pão de queijo que necessitasse apenas da adição de água para a obtenção do produto final. Para isso, foi realizado estudo preliminar com três pré-misturas comerciais para pão de queijo. Além disso, foram elaboradas formulações de pré-misturas em laboratório para auxiliar a interpretação dos resultados. Por meio de análises físicas, químicas, reológicas, óticas e sensoriais dessas formulações, bem como de suas massas e dos pães de queijo resultantes, foi possível determinar, de maneira aproximada, a composição das mesmas e a proporção de alguns de seus ingredientes, correlacionando-os com a qualidade dos produtos finais obtidos. A amostra A apresentou cerca de 10% de gordura vegetal hidrogenada, 42% amido, 25% de queijo e 7% de ovos. A formulação C apresentou teor aproximado de 6% de gordura vegetal hidrogenada, 2,5% a 4% de leite em pó desnatado, teor de amido de 55%, 30% de queijo e 6% de ovos. Todas essas porcentagens foram calculadas considerando a mistura total, já adicionada de ovos e queijo. Com relação à amostra B, não foi possível estabelecer quantidades objetivas para os ingredientes presentes nas mesmas, em função da sua complexidade e da diversidade de componentes. A partir dos resultados dessa primeira etapa, juntamente com o auxílio de pré-testes, foram escolhidos como ingredientes para compor a formulação a ser otimizada polvilho azedo, fécula de mandioca, amido de mandioca pré-gelatinizado, queijo em pó, gordura vegetal em pó, ovo integral desidratado, leite em pó desnatado e sal iodado refinado. Para a otimização, foi empregado delineamento de mistura, em que os quatro primeiros ingredientes citados foram considerados as variáveis independentes e os restantes tiveram suas quantidades fixas. Por meio de análises físicas dos pães de queijo provenientes das formulações de pré-mistura, como volume, volume específico, densidade, índice de expansão e força de compressão e de análise sensorial, por meio do teste de aceitação, avaliou-se o efeito de cada ingrediente na qualidade do produto final. Foi empregada a otimização simultânea de várias respostas, considerando-se tanto a qualidade tecnológica do pão de queijo produzido por meio das pré-misturas quanto à qualidade sensorial, avaliada pelos consumidores. Dessa forma, determinou-se um valor ótimo para cada um dos componentes em estudo.

Palavras-chave: Panificação. Análise sensorial. Análises óticas. Calorimetria Diferencial de varredura. Viscosidade de pasta. Delineamento de mistura.

ABSTRACT

Cheese bread is a baking product typical of Brazil, known internationally and highly important for Minas Gerais culinary, the state where it originated, its being marketed in several ways, for example pre-mixtures. In this context, it was intended through the present work, the optimization of a formulation of pre-mixture for cheese bread, which needed only of the addition of water in order to obtain the final product. Previous study with three commercial pre-mixtures for cheese bread was conducted. In addition, laboratory pre-mixture formulations were made to help the interpretation of the results. By means of physicochemical, chemical, rheological, optical and sensorial analyses as well of their doughs and those of the resulting cheese breads, it was possible to determine, in an approximate manner, the composition of them and the proportion of some of their ingredients, correlating them with the quality of the final products obtained. Sample A presented about 10% of hydrogenated vegetable fat, 42 % of starch, 25% of cheese and 7% of eggs. Formulation C presented a content of about 6% of hydrogenated vegetable fat, 2.5% to 4% of skimmed milk powder, starch content of 55%, 30% of cheese and 6% of eggs. All those percentages were calculated taking into account the total mixture, already added of both eggs and cheese. As regards sample B, it was not possible to establish objective amounts for the ingredients present in them due to their complexity and diversity of the components. From the results of the first step, along with the aid of pre-tests, fermented cassava starch, manioc starch, pre-gelatinized cassava starch, cheese powder, vegetable fat powder, dehydrated whole egg, skimmed milk powder and iodized salt were chosen as ingredients to compose the formulation to be optimized. For the optimization was used the mixture design, where the four first ingredients quoted were considered the independent variables and the rests had their amounts fixed. By means of the physical analyses of the cheese bread coming from pre-mixture formulations as volume, specific volume, density, expansion index and compression force and of the sensorial analysis by means of the acceptance test, the effect of each ingredient ,in the quality of the final product was evaluated. The simultaneous optimization of several responses was utilized, by taking into consideration both the technological quality of the cheese bread produced through the pre-mixtures and the sensorial quality evaluated by the consumers, in that way, an optimum value for each of the components under study was determined.

Keywords: Baking. Sensorial Analysis. Optical Analyses. Calorimetry. Scanning Differential. Pasting viscosity. Mixture designs.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	13
	INTRODUÇÃO GERAL	13
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	O pão de queijo: origem e definição	16
2.2	Ingredientes empregados na fabricação do pão de queijo	17
2.2.1	Componentes amiláceos	18
2.2.2	Queijo	20
2.2.3	Ovo	21
2.2.4	Leite	23
2.2.5	Óleos e gorduras	23
2.2.6	Sal	24
2.2.7	Água	25
2.3	Pré-misturas	25
2.4	Análise sensorial	26
2.5	Experimentos com misturas	27
2.5.1	Otimização simultânea de várias respostas	31
	REFERÊNCIAS	33
	CAPÍTULO 2 Estudo químico, físico (reológico, ótico) e sensorial de pré-misturas comerciais para pão de queijo	38
1	INTRODUÇÃO	41
2	MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1	Preparo e obtenção das amostras para as análises das pré-misturas	42
2.2	Preparo e obtenção das amostras para análises nas massas e nos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas e formulação padrão	44
2.3	Análises	46
2.3.1	Análises nas pré-misturas	46
2.3.1.1	Umidade	46
2.3.1.2	Extrato etéreo	46
2.3.1.3	Proteína	46
2.3.1.4	pH	47
2.3.1.5	Acidez titulável	47
2.3.1.6	Amido	47
2.3.1.7	Lactose	48
2.3.1.8	Minerais	48
2.3.1.9	Calorimetria diferencial de varredura	48
2.3.1.10	Microscopia ótica sob luz polarizada	48

2.3.1.11	Microscopia eletrônica de varredura.....	49
2.3.1.12	Propriedades viscoamilográficas.....	49
2.3.2	Análise na massa obtida das pré-misturas.....	50
2.3.2.1	Consistência da massa dos pães de queijo.....	50
2.3.3	Análises nos pães de queijo.....	51
2.3.3.1	Umidade.....	51
2.3.3.2	pH.....	51
2.3.3.3	Acidez titulável.....	51
2.3.3.4	Volume dos pães de queijo.....	51
2.3.3.5	Volume específico dos pães de queijo.....	51
2.3.3.6	Densidade dos pães de queijo.....	52
2.3.3.7	Expansão dos pães de queijo.....	52
2.3.3.8	Estrutura do miolo dos pães de queijo.....	52
2.3.3.9	Cor.....	52
2.3.3.10	Análise sensorial.....	54
2.4	Delineamento experimental e análises estatísticas.....	57
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.1	Caracterização das pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório.....	59
3.1.1	Caracterização química e físico-química.....	59
3.1.2	Calorimetria diferencial de varredura.....	66
3.1.3	Microscopia ótica sob luz polarizada.....	69
3.1.4	Microscopia eletrônica de varredura.....	73
3.1.5	Propriedades viscoamilográficas.....	76
3.2	Caracterização das massas dos pães de queijo.....	80
3.2.1	Consistência da massa dos pães de queijo.....	81
3.3	Caracterização dos pães de queijo.....	87
3.3.1	Caracterização físico-química dos pães de queijo.....	87
3.3.2	Caracterização física dos pães de queijo.....	89
3.3.3	Estrutura do miolo dos pães de queijo.....	90
3.3.4	Cor dos pães de queijo.....	92
3.3.5	Análise sensorial.....	95
3.3.5.1	<i>Check-all-that-apply question</i> e mapa de preferência externo.....	95
3.3.5.2	Análise de fatores paralelos (PARAFAC).....	100
3.4	Formulação aproximada das pré-misturas para pão de queijo comerciais.....	101
4	CONCLUSÃO.....	103
	REFERÊNCIAS.....	104
	CAPÍTULO 3 Otimização de uma formulação de pré-mistura para pão de queijo.....	109
1	INTRODUÇÃO.....	112
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	114

2.1	Ingredientes utilizados na otimização	114
2.2	Delineamento experimental	115
2.3	Obtenção das pré-misturas	118
2.4	Obtenção dos pães de queijo provenientes das pré-misturas	121
2.5	Análises físicas de qualidade tecnológica	123
2.5.1	Volume dos pães de queijo	123
2.5.2	Volume específico dos pães de queijo	123
2.5.3	Densidade dos pães de queijo	124
2.5.4	Expansão dos pães de queijo	124
2.5.5	Força de compressão dos pães de queijo	124
2.6	Análise sensorial	125
2.6.1	Teste de aceitação	125
2.7	Análises estatísticas	127
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	129
3.1	Análises físicas de qualidade tecnológica	129
3.2	Análise sensorial	132
3.3	Otimização da formulação de pré-mistura para pão de queijo por meio do delineamento de misturas	133
3.3.1	Otimização simultânea de várias respostas	141
4	CONCLUSÃO	143
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
	REFERÊNCIAS	145

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O pão de queijo é um produto de panificação genuinamente brasileiro e acredita-se que ele tenha surgido nas cozinhas das fazendas mineiras. Hoje é amplamente consumido, tanto no Brasil quanto em outros países, sendo exportado para diversos lugares na Europa, na América Latina, no Japão e nos Estados Unidos, entre outros.

Além de ser um produto muito gostoso, o pão de queijo é fonte de carboidratos e contém quantidades consideráveis de proteínas, minerais e lipídios, por ter, entre seus ingredientes principais, além de polvilho ou fécula de mandioca, leite, queijo e ovo.

O pão de queijo ainda pode ser consumido por pacientes celíacos, ou seja, por aquelas pessoas que apresentam intolerância à fração prolamina das proteínas presentes em alguns cereais, como trigo, centeio, cevada e aveia.

O pão de queijo, desde a sua invenção e até os dias de hoje, passou por grande expansão comercial, sendo levado para diversas regiões do país e também para o exterior, o que resultou em uma diversidade enorme de formulações para o produto, com receitas variadas e formas de preparo diversas. Sendo assim, o “verdadeiro pão de queijo mineiro” possui uma série de formulações diferentes, não havendo padrões de identidade, qualidade e fabricação para o produto.

A forma de comercialização do pão de queijo é muito variada e podem ser encontrados no mercado o produto assado, a massa moldada e congelada e, atualmente, como conveniência e praticidade, são encontradas pré-misturas, em cujo preparo é necessária a adição de alguns ingredientes para a obtenção da massa, como queijo, ovo, leite e água.

As pré-misturas para pão de queijo são voltadas tanto para o público doméstico quanto para padarias e indústrias maiores. Entretanto, suas

formulações também não são padronizadas, sendo encontradas grandes divergências, o que influencia a qualidade do produto final, além de afetar a sua comercialização.

Nesse contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo principal de obter a otimização de uma formulação de pré-mistura para pão de queijo, totalmente em pó, para a qual fosse necessária apenas a adição de água para a obtenção da massa e posterior forneamento.

Os objetivos específicos foram estimar os componentes de três pré-misturas disponíveis no mercado, de marcas conceituadas, por meio de análises químicas, físicas (reológicas e óticas) e sensoriais, além de obter uma formulação padrão de pré-mistura para pão de queijo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O pão de queijo: origem e definição

O pão de queijo é um produto de panificação típico do Brasil. A sua origem ainda não está bem elucidada, acreditando-se que esse produto tenha surgido nas cozinhas das fazendas mineiras, de onde se disseminou por todo o país (PEREIRA, 1998). Alguns historiadores consideram que o biscoito de polvilho tenha sido o precursor do pão de queijo, por volta do século XVIII. Existem indícios de que esse produto possa ter surgido no noroeste de Minas Gerais, em consequência da criatividade de escravas de origem angolana no aproveitamento de sobras de ingredientes da cozinha colonial. Há ainda aqueles que apontam o Triângulo Mineiro como o berço deste produto (RIBAS, 1997 citado por JESUS, 1997), que hoje é amplamente consumido em todo o país.

O pão de queijo pode ser definido como o produto resultante do assamento de uma massa obtida basicamente pela mistura de polvilho, queijo, água, gordura e sal, podendo conter outros ingredientes, principalmente ovos e leite (PIZZINATTO, 2000). Com relação ao tipo de polvilho, podem ser empregados polvilho azedo ou polvilho doce ou, ainda, a mistura destes dois tipos de amidos de mandioca (PEREIRA, 2001).

Com avanços na indústria de panificação para a fabricação de pão de queijo, como uso de leite, ovo e queijo em pó, surgiram inúmeras formulações contendo purê de batata, farinha de milho e até o emprego de recheios e aromas artificiais (AI..., 2000).

Além de ser uma fonte reconhecida de carboidratos, o pão de queijo também é um produto de panificação isento de glúten, o que o coloca como alimento alternativo para pacientes celíacos (PEREIRA et al., 2004), ou seja, por

aqueles indivíduos que apresentam intolerância à fração prolamina das proteínas presentes em alguns cereais, como trigo, centeio, cevada e aveia.

Pelos motivos já citados, entre outros, a sua produção vem crescendo de forma contínua, com a expansão do mercado consumidor, incluindo a exportação (MINIM et al., 2000).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Pão de Queijo (ABPQ), apesar de não haver números exatos de tonelagem produzida no país, em 2008 estimou-se que, por mês, foram produzidos mais de 8 milhões de quilos de pão de queijo, com faturamento superior a 35 milhões de reais, considerando-se apenas as empresas legalizadas. Entretanto, acreditava-se que existiam no Brasil cerca de 350 empresas devidamente legalizadas e, seguramente, para cada empresa legalizada havia três na informalidade (ARAÚJO, 2011).

De acordo com os dados da Aquisição Alimentar Domiciliar *per capita*, levantados no âmbito da Pesquisa de Orçamentos Familiares, nos períodos de 2002 e 2003, a aquisição média anual *per capita* de pão de queijo no Brasil foi de 0,157 kg, ocorrendo um aumento significativo nos períodos de 2008 e 2009, quando este valor passou para 0,185 kg (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011).

2.2 Ingredientes empregados na fabricação do pão de queijo

Existe uma infinidade de formulações para pão de queijo, algumas incluindo, além do polvilho azedo ou doce, leite, água, óleo, queijo e sal, fécula de mandioca, purê de batata, gordura vegetal hidrogenada ou margarina. Cada um desses ingredientes possui uma função específica e a interação de todos eles visa à obtenção de um produto leve, poroso, com bom volume, de sabor

agradável e que, acima de tudo, seja bem aceito pelo consumidor (PEREIRA, 2001).

2.2.1 Componentes amiláceos

O amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores, fornecendo de 70% a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes de amido nas plantas ocorrem tanto nos órgãos de reserva quanto em grãos de cereais (milho, arroz, trigo) e em tubérculos e raízes (batata, mandioca) (LEONEL; CEREDA, 2002).

Devido à diversidade biológica e ambiental, os amidos se apresentam como grânulos das mais diversas formas, tamanhos e propriedades. Este polissacarídeo é constituído, basicamente, por polímeros de α -D-glicose: amilose e amilopectina. Ambas as frações apresentam a fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$, de massa molecular elevada. A amilose é, basicamente, uma molécula linear e de cadeia longa; por outro lado, a amilopectina é uma molécula altamente ramificada, de cadeias curtas (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007).

Derivados da mandioca, a fécula, o polvilho doce e o polvilho azedo são empregados na fabricação do pão de queijo, além do amido modificado e do amido pré-gelatinizado.

Denomina-se fécula o amido extraído de raízes e tubérculos (ARIAS, 2000). Já o polvilho doce é um produto obtido por secagem solar, processado em unidades de fabricação menos automatizadas, em menor escala (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2011) É obtido da lavagem da massa ralada da mandioca e posterior decantação da água da lavagem, para separar o amido de fibras, de material proteico e de impurezas. É submetido à secagem, depois da decantação (O POLVILHO..., 2010).

O polvilho azedo, por sua vez, é um produto obtido da mesma forma que o doce, porém, sofre fermentação após a etapa de decantação da fécula e antes da secagem, que é obrigatoriamente feita por método solar (EMBRAPA, 2011).

Modifica-se o amido para incrementar ou inibir suas características originais e adequá-lo às aplicações específicas, tais como promover espessamento, melhorar retenção, aumentar estabilidade, melhorar sensação ao paladar e brilho, gelificar, dispersar ou conferir opacidade (AMIDO..., 2009).

Alterações nas propriedades tecnológicas dos amidos podem ser obtidas por processos físicos como a pré-gelatinização, o tratamento com calor e a exposição a radiações ou por processos químicos nos quais se empregam reagentes específicos para alterar a estrutura das macromoléculas componentes do amido. As técnicas químicas principais são o *cross-linking*, ou ligação cruzada (ainda chamada de reticulação), a substituição, também conhecida como estabilização e, finalmente, a conversão. Ainda há a possibilidade de serem empregados processos enzimáticos (AMIDO..., 2009; DEMIATE, 2009).

Zelaya (2000) cita algumas vantagens da utilização de amidos modificados na produção de pão de queijo, pois se evita escaldar o polvilho, permite maximizar o rendimento e, durante o congelamento da massa, previne a formação de cristais e protege a estrutura proteica.

Aplevicz e Demiate (2007b), em um estudo que teve como objetivo caracterizar amidos de mandioca nativos e modificados e testá-los na elaboração de pão de queijo e biscoito de polvilho, concluíram que o amido modificado com peróxido de hidrogênio, assim como o polvilho azedo, apresentou elevada expansão, o que é desejável para a preparação de pão de queijo e biscoito de polvilho.

O amido pré-gelatinizado, por sua vez, é utilizado no preparo de muitos alimentos instantâneos de cocção rápida e fácil digestão, como sopas, pudins e

cremes. Além disso, também tem sido empregado na indústria têxtil, de papel e papelão e lamas para perfuração de petróleo (MOORTHY, 1994).

O processamento do amido pré-gelatinizado pode ser feito em autoclaves (batelada) ou contínuo (*jet-cooking*), seguido por desidratação em secador do tipo *spray dryer*, por vapor em *drum-dryer*, ou amido semisseco por extrusão. O processo utilizando o *drum-dryer*, apesar de ser o mais comum, apresenta uma série de limitações, tais como altos custos operacionais e de manutenção em relação à produção (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

As féculas pré-gelatinizadas eliminam a etapa de escaldamento da massa de pão-de-queijo, pois a preparação pode ser feita apenas com a adição de água ou leite frio. Esse tipo de fécula pode ser usado em combinação com o polvilho azedo, o doce ou, mesmo, substituir esses ingredientes, conforme o desejado (SANTOS, 2006).

2.2.2 Queijo

O queijo é um dos ingredientes que participam em grande proporção na elaboração do pão de queijo. É um alimento universal, produzido em quase todo mundo, a partir do leite de vários mamíferos, principalmente de bovinos. É uma forma de conservação dos componentes insolúveis do leite, principalmente a caseína e a matéria graxa, sendo fonte importante de cálcio e fósforo, apresentando qualidades sensoriais extremamente variáveis (VALLE, 2000).

Os queijos mais empregados na produção do pão de queijo são o minas curado e o minas meia-cura típico (20 a 30 dias de cura), os quais apresentam cerca de 43% de umidade, 1,6% de sal e pH entre 5,1 e 5,3. Seu formato é cilíndrico, com peso variando, geralmente, entre 0,8 e 1,2 kg (SANTOS, 2006).

A utilização de outros queijos, como parmesão de meia cura, tem sido uma alternativa empregada por grande parte dos produtores. O queijo ideal,

segundo os produtores, deveria ter sabor ligeiramente picante e ácido, ser isento de ranço e apresentar textura adequada para um bom ralamento (PEREIRA, 1998).

O queijo em pó surge como opção na fabricação de pães de queijo, conferindo ao produto final maior controle de qualidade e padronização. Tem como características gerais ser fino e homogêneo, além de manter as mesmas propriedades nutricionais que o queijo *in natura*, com a vantagem adicional de ser um produto estável (OLEMEDO, 2000).

Uma proporção de queijo na faixa de 20% a 30% em relação ao polvilho confere boas características ao pão de queijo, em termos de aparência, cor, sabor e crocância da casca (JESUS, 1997).

Minim et al. (2000) notaram que, ao aumentar a quantidade de queijo nas formulações de pão de queijo estudadas, os atributos cor, pontos de queijo, uniformidade, aroma e sabor de óleo aumentaram. Pereira et al. (2004) constataram que as formulações de pão de queijo sem queijo apresentaram menor consistência.

2.2.3 Ovo

Na panificação em geral, os ovos dão sabor, cor, contribuem para a formação estrutural da massa, incorporam ar quando batidos, providenciam líquido, gordura e proteína e emulsificam gordura e ingredientes líquidos. Reduzir a quantidade de gemas resulta em produto menos macio, pois a gema contém aproximadamente 35% da gordura do ovo. Omitir ou reduzir a quantidade de claras pode resultar em significativa perda de volume (PANIFICAÇÃO..., 2009).

Com relação ao pão de queijo, o ovo, devido à sua propriedade de emulsificação, aeração e coagulação, fornece melhor estrutura, textura mais leve

e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (LEME, 2000).

Os ovos utilizados na indústria de pão de queijo devem apresentar-se sem alterações na gema e na clara, não apresentar podridão, presença de fungos e não devem apresentar rompimento da casca e da membrana externa propiciando o contato do material interno com a embalagem (PEREIRA, 1998).

Os produtos de ovos, ou seja, o ovo, a gema e a clara, são fornecidos para a indústria produtora de pão de queijo na forma pasteurizada resfriada ou congelada ou desidratada, sendo adequados e vastamente utilizados na preparação de pão de queijo, pois oferecem praticidade, economia e segurança (LEME, 2000).

A qualidade do pão de queijo é influenciada pela quantidade de ovo na formulação. Entretanto, esta não sofre influência se o produto de ovos é resfriado, congelado ou desidratado (LEME, 2000).

Minim et al. (2000) comentam que os ovos têm capacidade emulsificante, em virtude da presença de lecitina em sua composição. Nos produtos à base de amido, o efeito emulsificante pode ser verificado com a diminuição da tendência à retrogradação, principalmente da amilose, que se mantém quimicamente “livre” da associação com outras moléculas de amilose e amilopectina.

Pereira (2001) observou que as formulações que não continham ovo apresentaram menor valor proteico em relação às formulações completas e formulações sem leite, indicando a importância do ovo no enriquecimento do valor nutritivo do produto. Além disso, a falta do ovo na formulação originou pães de queijo muito duros, com uma exigência de força para sua compressão maior do que 5 kg, excedendo a capacidade máxima de registro do aparelho utilizado para a análise.

2.2.4 Leite

As proteínas do leite são excelentes ingredientes para a elaboração de produtos de panificação, podendo melhorar o aroma, o sabor, a textura, a vida de prateleira e o valor nutritivo desses produtos (VITTI, 1981).

O emprego de leite na mistura de escaldamento do pão de queijo proporciona melhor sabor ao produto, maior maciez ao miolo e melhor coloração à crosta, além de aumentar o valor nutricional do alimento (PEREIRA, 1998). Além disso, o leite ajuda o queijo na estruturação e na texturização da massa (ZELAYA, 2000).

Minim et al. (2000) observaram que o leite propicia massas mais finas e homogêneas, provavelmente devido ao teor e à composição em lipídeos, aumentando a uniformidade da massa, favorecendo o aparecimento de pontos de queijo e reduzindo a quebra. O aumento do teor de proteína na massa favorece a reação de Maillard, realçando a cor do produto assado.

Pereira et al. (2004) notaram, em estudo desenvolvido com o objetivo de avaliar o papel dos ingredientes na estruturação da massa, principalmente na sua consistência, e nas características dos pães de queijo, que as massas de pão de queijo sem leite apresentaram os maiores valores de consistência e também as maiores alterações a cada ingrediente adicionado. As propriedades das proteínas do leite, principalmente as relacionadas com hidratação e emulsificação, podem ter sido determinantes na obtenção de massas que absorvessem água mais rapidamente e ainda que apresentassem menor consistência.

2.2.5 Óleos e gorduras

Existem diferentes formulações de pão de queijo nas quais se utilizam óleo de soja, margarina ou gordura vegetal hidrogenada como matéria graxa na

elaboração do pão de queijo. Porém, o resultado final nem sempre é o mesmo, já que depende da qualidade do ingrediente e da proporção com relação ao peso do polvilho (SANTOS, 2006).

Óleos e gorduras desempenham papel importante na qualidade do pão de queijo. Sua incorporação aumenta o volume e modifica a textura do produto, tornando-se mais macio e aveludado, com estrutura celular mais uniforme. Esse efeito é progressivo quando se adiciona até cerca de 25% a 30% de óleo em relação ao peso do polvilho. Adições maiores podem tornar a granulação mais grosseira, fazendo com que o produto apresente aspecto muito gorduroso, com intensa exsudação de gordura, além de acentuado sabor de “óleo” (PEREIRA, 1998).

A gordura torna o miolo e a casca do pão de queijo mais lustrosos, o que proporciona melhor aparência do alimento, além de melhorar sua conservação, permanecendo macio por tempo mais prolongado (GONÇALVES, 2000).

2.2.6 Sal

O sal contribui para as características sensoriais dos alimentos em termos de sabor, sendo geralmente empregado na fabricação do pão de queijo o cloreto de sódio comum iodado (NaCl) (JESUS, 1997).

É utilizado na proporção de 1% a 2,5% em relação ao peso total do polvilho. Por aumentar a temperatura da mistura, influencia o processo de escaldamento, além de interagir com os grânulos de amido. Fortifica e estabiliza o amido gelatinizado, proporcionando melhor granulação do miolo (PEREIRA, 1998).

2.2.7 Água

Elemento indispensável para a formação da massa, a água é absorvida pelo amido durante a etapa de gelatinização (escaldamento), constituindo o meio dispersante para os outros ingredientes, além de favorecer o crescimento do pão de queijo durante o assamento (PEREIRA, 1998).

2.3 Pré-misturas

Podem-se chamar de pré-misturas, em panificação, formulações pré-preparadas, em que é necessária apenas a adição de algum(s) ingrediente(s) para a obtenção do produto final.

As pré-misturas surgiram por volta dos anos 1990 e enfrentaram uma resistência inicial por parte dos padeiros. Hoje, isso não é mais nenhum problema, já que mais da metade dos produtos vendidos nas padarias é feita com pré-mistura (AÇÕES..., 2008).

O uso desse tipo de produto é tendência da panificação atual e permite ampla distribuição a baixos custos (SUNADA; PASCOLI; VILPOUX, 2010).

As panificadoras procuram qualidade e quantidade em curto espaço de tempo e a utilização das pré-misturas facilita o dia-a-dia do padeiro, eliminando o processo de pesagem dos ingredientes, que demanda tempo e atenção dos profissionais. Vale a pena destacar também a questão do espaço de armazenamento, uma vez que a área de venda dos supermercados e padarias está cada vez maior e, na mesma proporção, as áreas de estoque e preparo tem diminuído. Para atender a essa nova realidade do mercado, as pré-misturas tornaram-se aliadas importantes nesse processo (AÇÕES..., 2008).

Além disso, variedade de opções e pão fresquinho são pré-requisitos para garantir as vendas na seção de padaria. Ciente disso, a indústria de

alimentação oferece pré-misturas dos mais variados tipos para facilitar o trabalho, garantindo agilidade no preparo, economia de estoque e espaço e um produto final com o mesmo padrão de qualidade, além de menor interferência da mão de obra (NIGRO, 2009).

Nigro (2009) ainda cita os principais motivos para se optar pelas pré-misturas, entre eles a qualidade das matérias-primas selecionadas e testadas, as quais garantem uniformidade no produto final; a praticidade e a agilidade, pois os produtos são simples, versáteis e fáceis de manusear; a diminuição do número de ingredientes necessários; o treinamento e o suporte oferecido pela indústria; o menor índice de perdas e economia e a variedade de opções.

Com relação às pré-misturas de pão de queijo, várias marcas já são comercializadas, trazendo mais facilidade e conveniência, tanto para o público doméstico como para padarias e indústrias maiores. Entretanto, as formulações ainda não são padronizadas, sendo encontradas várias divergências em suas composições químicas. Isso acarreta oscilações na qualidade do produto final, o que foi verificado por Aplevicz e Demiate (2007a), por meio de análises físico-químicas de pré-misturas comerciais de pão de queijo.

2.4 Análise sensorial

Compreender como os consumidores percebem os produtos alimentares é fundamental para indústria de alimentos. Esta informação é essencial para o desenvolvimento e a comercialização de novos produtos, para a reformulação das já existentes, a otimização de processos de fabricação e, além disso, para o estabelecimento das especificações de controle de programas de qualidade (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Entretanto, por décadas, os consumidores têm sido considerados capazes de apenas realizar julgamentos hedônicos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; STONE; SIEDEL, 1985).

Recentemente, muitas metodologias alternativas vêm sendo desenvolvidas para coletar informações sobre a percepção dos consumidores em relação aos produtos alimentícios (ARES et al., 2010).

Check all that apply (CATA) questions consiste de uma lista de palavras ou frases na qual os entrevistados devem selecionar aquelas que considerem adequadas para descrever um produto (ADAMS et al., 2007; MEULLENET; LEE; DOOLEY, 2008). Esta metodologia tem sido utilizada em estudos com consumidores para determinar quais atributos sensoriais podem caracterizar um produto específico (LANCASTER; FOLEY, 2007).

Juntamente com os novos métodos sensoriais desenvolvidos para coletar informações sobre a percepção dos consumidores, novas metodologias estatísticas também vêm sendo empregadas no intuito de validar e, ao mesmo tempo, melhor esclarecer as respostas sensoriais obtidas. Nesse sentido, de acordo com Nunes, Pinheiro e Bastos (2011), o mapa de preferência interno multidimensional obtido por meio da análise de fatores paralelos (PARAFAC) torna possível analisar, simultaneamente, as interações entre a preferência dos consumidores, levando em conta os diferentes atributos avaliados para cada produto, o que pode facilitar a seleção de amostras favoritas

2.5 Experimentos com misturas

Muitos produtos são feitos com a mistura de vários componentes. Tintas, alimentos, produtos químicos e farmacêuticos são alguns exemplos. Para tais produtos, o interesse é determinar qual é a proporção dos componentes que conduz a um resultado desejado, em termos de uma variável que caracteriza a qualidade do produto. Quando não se sabe de antemão qual é a proporção ideal de cada componente, devem ser realizados experimentos. Nesses experimentos

são arbitradas várias combinações de proporções dos componentes e, então, são observados os valores correspondentes da característica de qualidade. Estes valores são denominados respostas do experimento (VIEIRA; BELLO, 2006).

A utilidade dos experimentos com misturas está no fato de que estes permitem reduções significativas no tempo e nos custos de desenvolvimento de formulações e obtenção de resultados robustos e confiáveis. Isso é possível por meio do planejamento, fundamentado na teoria estatística, dos experimentos a serem realizados quando do estudo de uma mistura (PASA; RIBEIRO, 1998).

Em todos os casos, a medida das propriedades dos produtos finais depende da porcentagem ou das proporções dos ingredientes que estão presentes na formulação (CORNELL, 2002). Assim, as propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus ingredientes, e não por valores absolutos (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2003).

Nos planejamentos experimentais para o estudo de misturas, a soma das proporções dos diversos componentes da mistura é sempre igual a 100%. Para uma mistura qualquer de q componentes, pode-se escrever

$$\sum_{i=1}^q X_i = 100\% = 1, \quad X_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, q, \quad (1)$$

em que X_i representa a proporção do i -ésimo componente. Esta equação retira um grau de liberdade das proporções. Para especificar a composição da mistura, é necessário fixar as proporções de $q - 1$ componentes. A proporção do último componente será sempre o que falta para completar 100% (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2003).

As restrições impostas na equação (1) são ilustradas graficamente na Figura 1, para o caso de dois e três componentes. A região factível da mistura de

dois componentes é representada por um segmento de reta e, para o caso de três componentes, é representada por um triângulo (VIEIRA; BELLO, 2006).

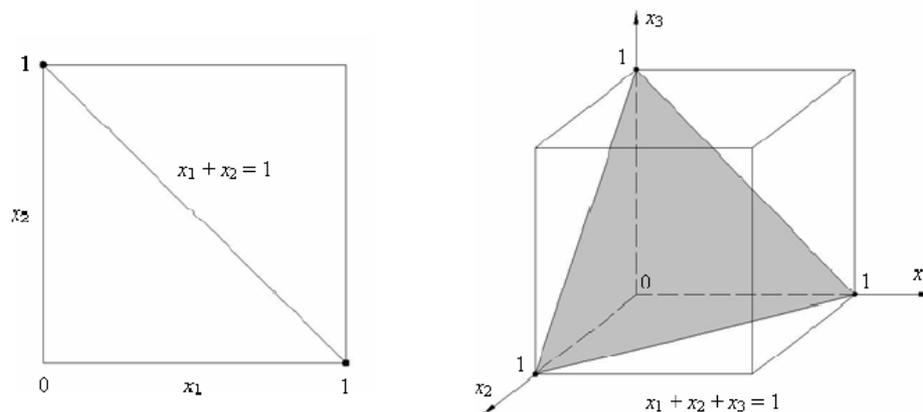


Figura 1 Espaço fatorial restrito para misturas com 2 e 3 componentes
Fonte: Vieira e Bello (2006)

Por uma questão prática, no caso de experimentos com misturas de três componentes, a região experimental restrita pode ser representada com a utilização de um sistema de coordenadas trilinear, como mostrado na Figura 2. Cada lado do triângulo corresponde a uma mistura binária e os vértices do triângulo correspondem às formulações de componentes puros. No interior do triângulo estão situadas as possíveis misturas ternárias. Neste caso, são necessárias apenas duas dimensões para representar graficamente o experimento. Como cada componente é representado por um vértice, uma figura geométrica com três vértices e duas dimensões, ou seja, um triângulo equilátero representa o espaço fatorial restrito de uma mistura ternária (VIEIRA; BELLO, 2006).

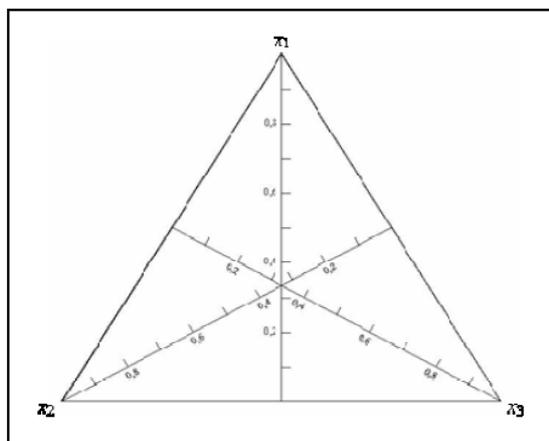


Figura 2 Sistema de coordenadas trilinear
 Fonte: Vieira e Bello (2006)

Frequentemente, por motivos técnicos ou práticos, existem situações em que algumas das proporções de X_i não podem variar de 0 a 1, ou seja, não há como varrer todas as proporções possíveis. Com isso, o novo espaço experimental passa a ser uma sub-região da região das proporções matematicamente possíveis. Como alternativa, algumas, ou possivelmente todas as proporções dos componentes, são restritas ou pelo limite inferior e/ou pelo limite superior (CORNELL, 2002; VIEIRA; BELLO, 2006). No caso do componente i , conforme Cornell (2002), essas restrições podem ser representadas como:

$$0 \leq Li \leq X_i \leq Ui \leq 1, \quad (2)$$

em que Li é o limite inferior e Ui é o limite superior, sendo $i = 1, 2, \dots, q$.

Segundo Cornell (2002), os modelos utilizados devem ser os polinômios canônicos. Geralmente, esses polinômios são da forma que se segue, em que

$$\beta_i^* = \beta_0 + \beta_i, \text{ para todos } i = 1, 2, \dots, q:$$

Modelo linear (1° grau) (3)

$$Y = \sum_{i=1}^q \beta_i^* X_{t,i}$$

Modelo quadrático (2° grau) (4)

$$Y = \sum_{i=1}^q \beta_i^* X_{t,i} + \sum_{i < j} \beta_{ij}^* X_{t,i} X_{t,j}$$

Modelo cúbico completo (3° grau) (5)

$$Y = \sum_{i=1}^q \beta_i^* X_{t,i} + \sum_{i < j} \beta_{ij}^* X_{t,i} X_{t,j} + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk}^* X_{t,i} X_{t,j} (X_{t,i} - X_{t,j}) + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk}^* X_{t,i} X_{t,j} X_{t,k}$$

Modelo cúbico especial (3° grau) (6)

$$Y = \sum_{i=1}^q \beta_i^* X_{t,i} + \sum_{i < j} \beta_{ij}^* X_{t,i} X_{t,j} + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk}^* X_{t,i} X_{t,j} X_{t,k}$$

2.5.1 Otimização simultânea de várias respostas

Um problema comum no desenvolvimento de produtos que envolve a determinação de uma formulação ou mistura ótima é a proporção ideal dos componentes para duas ou mais características do produto em questão. Uma abordagem que ganhou popularidade com os desenvolvedores de software é a introdução de uma medida global de desejabilidade associada com diferentes misturas e o esforço para encontrar a “melhor” combinação. Esta abordagem foi discutida por Derringer e Suich (1980).

O método descrito por Derringer e Suich (1980) realiza a otimização simultânea de várias respostas, na qual cada resposta y_i tem associado um valor de desejabilidade parcial d_i .

Este valor varia de 0 a 1 de acordo com a proximidade com o valor desejado da resposta. O valor de cada resposta é calculado a cada ponto do domínio experimental por meio da equação do modelo e representado por \hat{y}_i e, empregando equações adequadas a cada caso, o valor de desejabilidade parcial é calculado para todos os pontos do domínio experimental. Finalmente, os valores individuais de desejabilidade são combinados em uma função de desejabilidade global (D) por meio da média geométrica e o problema torna-se, então, maximizar esse número. É importante ressaltar que todo o procedimento de busca do ótimo é realizado empregando-se as equações dos modelos construídos para cada uma das respostas e, dessa maneira, é importante que eles tenham sido obtidos por meio de um planejamento estatístico fundamentado. Para definir as funções de desejabilidade parciais, o procedimento consiste, basicamente, em estabelecer valores mínimo, máximo e um valor alvo para a resposta considerada, (y_i^{\min}) e (y_i^{\max}) e y_{alvo} , respectivamente (BREITKREITZ, 2007).

Maiores detalhes sobre o processo de otimização simultânea de várias respostas podem ser obtidos em Derringer e Suich (1980).

REFERÊNCIAS

AÇÕES da indústria. **Giro News**, São Paulo, n. 140, p. 16, abr. 2008.
Disponível em: <<http://www.gironews.com/revistas/G140.p16.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2011.

ADAMS, J. et al. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 7., 2007, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.

AI, que saudades do Brasil. **Veja**, São Paulo, v. 1671, n. 42, p. 38, out. 2000.

AMIDO: fontes, estruturas e propriedades funcionais. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, v. 63, p. 26-37, jul. 2009. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/124.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2011.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Análises físico-químicas de pré-misturas de pães de queijo e produção de pães de queijo com adição de *okara*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1416-1422, set./out. 2007a.

_____. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, 2007b.

ARAÚJO, T. S. de. **Sabor que vem das montanhas**. Disponível em: <<http://www.empregoerenda.com.br/paginas/126/sabor-que-vem-das-montanhas>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

ARES, G. et al. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 417-426, June 2010.

ARIAS, L. V. B. Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 1-14.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 401 p.

BREITKREITZ, M. C. **Otimização simultânea de variáveis de processo e mistura em cromatografia líquida de alta eficiência**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Amidos modificados. In: CEREDA, M.; VILPOUX, O. (Ed.). **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 246-332.

CORNELL, J. **Experiments with mixtures**. New York: Wiley, 2002. 649 p.

DEMIATE, I. M. Aplicação do amido de mandioca nas indústrias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Cerat/UNESP, 2009. p. 150-152.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 12, n. 4, p. 214-219, Oct. 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produtos da fécula de mandioca é tema do Prosa Rural**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2007/julho/foldernoticia.2007-07-05.5605721790/noticia.2007-07-11.3772688973>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

GONÇALVES, J. J. Aplicação de gordura vegetal em pão de queijo. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 43-57.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Aquisição alimentar domiciliar per capita anual, por grandes regiões, segundo os produtos período 2002-2003**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002aquisicao/tab11.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

- JESUS, C. C. de. **Contribuição para a caracterização físico-química e sensorial do pão de queijo**. 1997. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- LANCASTER, B.; FOLEY, M. Determining statistical significance for choose-all-that- apply question responses. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 7., 2007, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.
- LEME, L. L. Ovos pasteurizados resfriados e desidratados e sua importância. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 29-41.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.
- MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: UFSC, 2007. 101 p.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. New York: CRC, 1999. 281 p.
- MEULLENET, J. F.; LEE, Y.; DOOLEY, L. The application of check-all-that-apply consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. In: THE SENSOMETRIC MEETING, 9., 2008, Saint Catherines. **Proceedings...** Saint Catherines: The Sensometrics Society, 2008. 1 CD-ROM.
- MINIM, V. P. R. et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2000.
- MOORTHY, S. N. **Tuber crop starches**. Thiruvananthapuram: Central Tuber Crops Research Institute, 1994. 40 p. (Technical Bulletin Series, 18).
- NIGRO, S. Padaria dos sonhos. **Giro News**, São Paulo, n. 151, p. 13-14, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.gironews.com/revistas/revista-151-732.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2011.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal of Sensory Studies**, Manhattan, v. 26, n. 2, p. 167-174, Apr. 2011.

OLMEDO, L. E. Utilização de queijo em pó. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 63-81.

PANIFICAÇÃO: ingredientes enriquecedores. **Food Ingredients Brasil**, São Paulo, v. 10, p. 22-27, out./nov. 2009.

PASA, G. S.; RIBEIRO, J. L. D. Otimização de uma formulação com o emprego de projetos de experimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: ENEGEP, 1998. 1 CD-ROM.

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

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

PEREIRA, J. et al. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, 2004.

PIZZINATTO, A. Processo de fabricação de pão de queijo. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 87-101.

O POLVILHO azedo. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, v. 72, p. 44-50, ago. 2010. Disponível em:
<http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/208.pdf>.
Acesso em: 20 jul. 2011.

SANTOS, J. R. U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose**. 2006. 279 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

STONE, H.; SIEDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. London: Academic, 1985. 311 p.

SUNADA, C. da S.; PASCOLI, M. C.; VILPOUX, O. **Pré-mistura para produção do pão sem glúten baseada em derivados da mandioca**. Rio de Janeiro: ACELBRA, 2010. Disponível em: <http://www.riosemgluten.com/premix_de_mandioca.htm>. Acesso em: 15 jul. 2010.

VALLE, J. L. E. do. Características de qualidade de queijos. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 59-61.

VIEIRA, A. F. de C.; BELLO, L. H. A. D. Experimentos com mistura para otimização de processos: uma aplicação com respostas não normais. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 605-623, set./dez. 2006.

VITTI, P. Soro de leite e seu uso em panificação. **Boletim ITAL**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 155-166, 1981.

ZELAYA, M. P. Tecnología y química de almidones nativos y modificados. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 15-28.

CAPÍTULO 2

ESTUDO QUÍMICO, FÍSICO (REOLÓGICO, ÓTICO) E SENSORIAL DE PRÉ-MISTURAS COMERCIAIS PARA PÃO DE QUEIJO

RESUMO

Podem-se chamar de pré-misturas, em panificação, formulações pré-preparadas, às quais é necessária apenas a adição de algum ou de alguns ingredientes para a obtenção do produto final. Com o presente trabalho, objetivou-se realizar um estudo, por meio de análises químicas, físicas (reológicas, óticas) e sensoriais, de pré-misturas comerciais para pão de queijo, bem como nas massas e nos pães de queijo delas provenientes, a fim de conhecer a composição das mesmas e a proporção de seus ingredientes, correlacionando-os com a qualidade dos produtos finais obtidos. Para isso, foram recolhidas, no mercado varejista da cidade de Lavras, MG, amostras de três pré-misturas comerciais para pão de queijo, denominadas, respectivamente, A, B e C. Para auxiliar a interpretação dos resultados referentes a estas misturas, também foram elaboradas duas formulações de pré-mistura em laboratório, uma sem queijo, denominada PL e outra sem leite, denominada PQ. Ambas não continham ovos. Para as análises nas massas e nos pães de queijo foi elaborada uma formulação denominada P, composta de todos os ingredientes. Com base na interpretação dos resultados obtidos, levando-se em consideração a composição química, disponível na literatura, dos diversos ingredientes que compunham as formulações das pré-misturas comerciais e as comparações realizadas com as formulações caseiras, foi possível determinar, de maneira aproximada, a quantidade de alguns componentes presentes nas formulações. A amostra A apresentou cerca de 10% de gordura vegetal hidrogenada, 42% de amido, 25% de queijo e 7% de ovos. A formulação C apresentou teor aproximado de 6% de gordura vegetal hidrogenada, de 2,5% a 4% de leite em pó desnatado, teor de amido de 55%, 30% de queijo e 6% de ovos. Todas essas porcentagens foram calculadas considerando a mistura total, já adicionada de ovos e queijo. Com relação à amostra B, não foi possível estabelecer quantidades objetivas para os ingredientes presentes nas mesmas, em função da sua complexidade e diversidade de componentes. Quanto à análise sensorial, com base nos resultados obtidos, os pães de queijo provenientes da pré-mistura C foram os mais preferidos pelos consumidores, sendo caracterizados no teste sensorial, por meio da metodologia CATA, principalmente pelos termos pontos de queijo, sabor natural de queijo, além de apresentar sal equilibrado e maciez. As quantidades determinadas dos diversos componentes presentes nas formulações serviram de referência para a etapa da otimização da formulação de pré-mistura.

Palavras-chave: Panificação. Mistura pronta. *Check-all-that-apply* (CATA). Viscosidade. Microscopia.

ABSTRACT

Call pre-mixtures, in baking, pre-prepared formulations, where it is necessary only the addition of some ingredient(s) for obtaining the final product. Through the present work, it was intended to conduct a study, by means of chemical, physical, rheological, optical and sensorial analyses of commercial pre-mixtures for cheese bread as well as in the doughs and in the cheese breads coming from them in order to know their composition and the proportion of their ingredients, correlating them with the quality of the final products obtained. For such purpose, samples of three commercial pre-mixtures for cheese bread, named, respectively, A, B and C were collected in the retail market in the town of Lavras/MG. To aid the interpretation of the results concerning these mixtures, also two pre-mixture formulations were made in laboratory, one without cheese called PL and another without milk, called PQ, both without eggs. For both the analyses in the doughs and in the cheese breads, a formulation called P was made, composed of all the ingredients. On the basis of the interpretation of the results obtained, taking into consideration the chemical composition, available in the literature, of the several ingredients which composed the formulations of the commercial pre-mixtures and the comparisons done with the home-made formulations, it was possible to estimate, in an approximate manner, the amount of some components present in the formulations. Sample A presented about 10% of hydrogenated vegetable fat, 42% of starch, 25% of cheese and 7% of eggs. Formulation C presented an approximate content of 6% of hydrogenated vegetable fat, 2.5% to 4% of skimmed milk powder, starch content of 55%, 30% of cheese and 6% of eggs. All those percentages were calculated taking into account the total mixture already added of eggs and cheese. Concerning sample B, it was not possible to establish objective amounts for the ingredients present in them owing to their complexity and diversity of components. As to the sensorial analysis, on the basis of the results obtained, the cheese breads coming pre-mixture C were the most preferred by consumers, their being characterized in the test by means of the CATA methodology, mainly by the terms cheese points, natural flavor of cheese, in addition to presenting equilibrated salt and softness. The amounts determined of the several components present in the formulations served as a reference for the optimization of the pre-mixture formulation.

Keywords: Baking. Ready mixture. Check-all-that-apply (CATA). Viscosity. Microscopy.

1 INTRODUÇÃO

As pré-misturas para panificação surgiram diante da necessidade de facilitar o trabalho do padeiro, bem como o do público doméstico. Estas são definidas como formulações pré-preparadas, às quais é necessária apenas a adição de algum ou de alguns ingredientes para a obtenção do produto final.

Este tipo de formulação traz inúmeras vantagens para quem a utiliza, visto que, além da diminuição do tempo de preparo, uniformidade do produto final, facilidade de manuseio e redução dos custos de produção, as pré-misturas também reduzem a possibilidade de erro na pesagem dos ingredientes.

O pão de queijo, por sua vez, é um produto que agrada a todos os tipos de paladares, sendo tradicionalmente muito consumido no Brasil e mais recentemente em muitas partes do mundo. Entretanto, sua forma de obtenção necessita, muitas vezes, do escaldamento do polvilho, o que acaba por desestimular seu preparo.

Recentemente, como praticidade, o mercado já dispõe de formulações de pré-misturas para pão de queijo. Porém, esse tipo de produto, assim como o pão de queijo propriamente dito, não é padronizado, sendo encontradas grandes diferenças em suas composições.

Além disso, as pré-misturas para pão de queijo comercializadas necessitam ainda da adição de ovos, água, queijo, não sendo, portanto, totalmente completas.

Sendo assim, objetivou-se realizar um estudo, por meio de análises químicas, físicas (reológicas, óticas) e sensoriais, de pré-misturas comerciais de pão de queijo, a fim de conhecer suas composições e as proporções de seus ingredientes, correlacionando-os com a qualidade dos produtos finais obtidos e, assim, estabelecer valores de referência para a etapa da otimização que será abordada no próximo capítulo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo e obtenção das amostras para as análises das pré-misturas

Foram recolhidas, no mercado varejista, amostras de pré-misturas para pão de queijo de três diferentes marcas e lotes distintos, denominadas A, B e C. Cada embalagem continha 250 g do produto.

Na Tabela 1 estão descritos os ingredientes presentes nas pré-misturas comerciais, relacionados nos rótulos.

Tabela 1 Ingredientes presentes nas pré-misturas comerciais listados nos rótulos

Pré-misturas	Ingredientes
A	Amido, amido modificado, gordura vegetal, condimento preparado sabor queijo (soro de leite, farinha de trigo, antiuementante dióxido de silício, aromatizante, realçador de sabor glutamato monossódico), queijo em pó, sal
B	Polvilho doce, fécula de mandioca modificada, gordura vegetal hidrogenada, pó preparo mistura láctea (gordura vegetal, xarope glicose, leite integral, soro de leite, estabilizante fosfato dipotássico, emulsificante mono e diglicerídeos de ácidos graxos e aromatizante), mistura sabor queijo em pó (soro de leite, xarope de glicose, gordura vegetal, maltodextrina, queijo, manteiga, sal, extrato de levedura, aromatizante, regulador de acidez, fosfato dissódico, ácido cítrico), condimento preparado sabor queijo (soro de leite, sal maltodextrina, amido de milho, amido de milho modificado, extrato de levedura, realçador de sabor glutamato monossódico, aromatizante e estabilizante fosfato tricálcio), sal, queijo em pó, realçador de sabor glutamato monossódico, acidulante: ácido láctico, antioxidante BHT.
C	Fécula de mandioca, polvilho azedo, amido pré-gelatinizado de mandioca, gordura vegetal hidrogenada, leite em pó desnatado, sal refinado

Também foram elaboradas duas formulações em laboratório, uma sem queijo e sem ovo, denominada PL e outra sem leite e sem ovo, denominada PQ, com quantidades conhecidas de todos os ingredientes utilizados, conforme Tabelas 2 e 3, para a realização das análises. Essas formulações continham ingredientes diferentes entre elas para facilitar a interpretação dos resultados nas análises das formulações. Foram preparadas misturando-se manualmente todos os ingredientes, até a obtenção de um mistura homogênea.

Tabela 2 Ingredientes, com suas respectivas marcas, quantidades utilizadas e percentagem em relação ao polvilho da formulação de pré-mistura para pão de queijo elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo (PL)

Ingredientes	Quantidades	% em relação ao polvilho
Polvilho doce (Amafil)	200,0 g	-
Polvilho azedo (Amafil)	50,0 g	-
Gordura vegetal hidrogenada (Primor)	50,0 g	20,00
Leite em pó desnatado (Nestle)	17,4 g	6,96
Sal refinado iodado (Cisne)	8,0 g	3,20

Tabela 3 Ingredientes, com suas respectivas marcas, quantidades utilizadas e percentagem em relação ao polvilho da formulação de pré-mistura para pão de queijo elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo (PQ)

Ingredientes	Quantidades	% em relação ao polvilho
Polvilho doce (Amafil)	200,0g	-
Polvilho azedo (Amafil)	50,0g	-
Queijo parmesão ralado (Rettis)	150,0g	60,00
Gordura vegetal hidrogenada (Primor)	50,0g	20,00
Sal refinado iodado (Cisne)	8,0g	3,20

Para as análises realizadas nas pré-misturas comerciais e obtidas em laboratório, foi considerado como amostra o produto em pó, com apenas os ingredientes componentes da pré-mistura, sem adição de leite, água, queijo ou ovo, conforme cada caso.

As análises realizadas nas pré-misturas comerciais tiveram como objetivo identificar os componentes das mesmas, bem como suas proporções. As pré-misturas elaboradas no laboratório auxiliaram na interpretação dos resultados, uma vez que as proporções de seus componentes eram conhecidas.

2.2 Preparo e obtenção das amostras para análises nas massas e nos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas e formulação padrão

Para a realização das análises nas massas e nos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais, estas foram preparadas conforme recomendação descrita nos rótulos.

Para a obtenção da massa proveniente da pré-mistura A era necessária a adição de 120 mL de água, dois ovos e, opcionalmente, 100 g de queijo. Já na amostra B necessitava-se apenas da adição de 100 mL de água e dois ovos para a obtenção da massa. Finalmente, a amostra C necessitava da adição de 120 mL de água, dois ovos e 160 g de queijo.

Para as análises nos pães de queijo foi elaborada a formulação obtida por Silva (2005), denominada P, composta de todos os ingredientes, conforme Tabela 4.

Tabela 4 Ingredientes, com suas respectivas marcas, quantidades utilizadas e percentagem em relação ao polvilho, da formulação padrão (P) de pães de queijo

Ingredientes	Quantidades	% em relação ao polvilho
Polvilho doce (Amafil)	200,0 g	-
Polvilho azedo (Amafil)	50,0 g	-
Leite (Cemil)	130 mL	52,0
Margarina (Delícia)	50,0 g	20,0
Sal refinado iodado (Cisne)	8,0 g	3,2
Ovo	01 unidade (~ 58 g)	23,2
Queijo catiara	150,0 g	60,0

As massas provenientes das pré-misturas foram preparadas conforme instruções dos rótulos, em batedeira elétrica planetária (Arno, BPA350W, Brasil). A formulação padrão, por sua vez, foi preparada com os ingredientes nas quantidades citadas na Tabela 4 e obtida conforme Silva (2005), porém, adaptada à batedeira elétrica planetária, em vez de ser preparada no farinógrafo Brabender.

Após a retirada da massa da batedeira, a mesma foi moldada, com o auxílio de tubos de PVC de 3 cm de altura e 3 cm de diâmetro. O acabamento da moldagem foi realizado manualmente para que os pães de queijo adquirissem formato esférico.

Os pães de queijo obtidos das pré-misturas comerciais foram assados conforme recomendação dos rótulos. Sendo assim, os pães de queijo da pré-mistura A foram assados, a 190°C, por 20 minutos; os pães de queijo da formulação B foram assados, a 180°C, por 40 minutos e os pães de queijo da pré-mistura C foram assados, a 180°C, por 25 minutos. Os pães de queijo da formulação padrão foram assados, a 180°C, por 30 minutos. O assamento foi realizado em forno elétrico, modelo FE4242BR (Suggar, China).

2.3 Análises

Várias análises foram realizadas tanto nas pré-misturas comerciais e obtidas em laboratório quanto nas massas e nos pães de queijo, provenientes das pré-misturas A, B, C, PL, PQ e formulação padrão.

2.3.1 Análises nas pré-misturas

2.3.1.1 Umidade

A umidade foi determinada por meio de secagem em estufa com circulação de ar, a 105°C, até a obtenção do peso constante, conforme método nº 925.09 da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

2.3.1.2 Extrato etéreo

O teor de extrato etéreo foi determinado por meio de extração contínua em aparelho tipo Soxhlet, utilizando éter etílico, segundo metodologia nº 925.38 da AOAC (2000).

2.3.1.3 Proteína

Para a determinação do teor de proteína foi utilizado o método de micro-Kjeldahl nº 920.87, da AOAC (2000), utilizando o valor de 6,25 como fator de conversão.

2.3.1.4 pH

Para a determinação do pH foi utilizada a metodologia descrita por Plata-Oviedo (1998). Foram pesados 10 g de amostra e dispersos em 100 mL de água destilada. A mistura foi agitada em agitador magnético, por 10 minutos. Após esse período, a agitação foi interrompida e o pH determinado imediatamente, utilizando medidor de pH digital devidamente calibrado.

2.3.1.5 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada utilizando-se o mesmo material para a determinação do pH, conforme descrito por Plata-Oviedo (1998). Após a determinação do pH, a mistura foi novamente agitada e o pH ajustado para 8,3. O resultado foi expresso em miliequivalente de NaOH por 100 g da amostra em base seca:

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

2.3.1.6 Amido

O amido foi extraído por hidrólise ácida, segundo técnica da AOAC (1990) e identificado pelo método de Somogy, modificado por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em g/100 g matéria integral.

2.3.1.7 Lactose

O teor de lactose foi determinado por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de acordo com a metodologia descrita por Macrae (1998).

2.3.1.8 Minerais

A determinação dos minerais seguiu a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), sendo o resultado expresso em g/100 g da matéria integral para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e sódio e em mg/kg para boro, cobre, manganês, zinco e ferro.

2.3.1.9 Calorimetria diferencial de varredura

Cerca de 3,0 mg de amostra de umidade conhecida foram acondicionados em um cadinho de alumínio hermético, por cerca de 18 horas, adicionados de duas vezes a massa de água destilada e analisados em um calorímetro diferencial de varredura Q200 (TA Instruments, New Castle, EUA), o qual foi aquecido a 10°C/min, na faixa de temperatura de 5°C a 110°C, de acordo com a metodologia descrita por Becker, Hill e Mitchell (2001).

2.3.1.10 Microscopia ótica sob luz polarizada

O preparo das amostras foi feito de acordo com método de McMasters (1964). Foram preparadas suspensões das amostras 0,3% (p/v) em misturas água-glicerol (1:1). Foi colocada uma gota da dispersão sobre uma lâmina, a qual foi coberta com uma lamínula e a seguir observada em microscópio

fotônico Meiji ML 5000 (Meiji Techno América, Santa Clara, EUA) sob luz normal e polarizada. Os grânulos foram fotofilmados utilizando-se uma câmera de vídeo Cole-Palmer 49901-35 (Cole-Palmer, Vernon Hills, EUA) acoplada ao microscópio.

2.3.1.11 Microscopia eletrônica de varredura

Para obtenção das fotomicrografias das pré-misturas, as amostras foram deixadas por 24 h em dessecador com sílica gel, em seguida foram aderidas em fita de dupla face de baixa condutividade elétrica sobre um porta-amostra, o qual foi levado ao microscópio eletrônico de varredura TM 3000 (Hitachi, Tóquio, Japão) a 5kV, sob baixo vácuo.

2.3.1.12 Propriedades viscoamilográficas

Rapid Visco Analyser (RVA), ou analisador rápido de viscosidade (Newport Scientific Pty.Ltd., Warriewood, Austrália), foi utilizado para medir a viscosidade aparente das amostras em função da temperatura (CARVALHO; MITCHELL, 2001). Cerca de 3,0 g de amostra, com umidade ajustada para 14% com base no peso úmido, foram adicionados a 25 g de água destilada. As amostras foram mantidas, inicialmente, em 50°C por 1 minuto. Em seguida, foram aquecidas a 95°C, a uma taxa constante de 14°C por minuto e mantidas nesta temperatura por 3 minutos. A seguir, foram resfriadas, a 50°C, em 4 minutos, na mesma velocidade e, finalmente, mantidas a 50°C por mais 2 minutos

Os parâmetros avaliados foram: temperatura inicial de pasta, viscosidade máxima (pico de viscosidade após o início do aquecimento, antes do resfriamento), quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e

mínima durante a manutenção a 95°C), viscosidade final (valor de viscosidade no final do ciclo, quando a temperatura atingiu 50°C) e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade, durante a manutenção a 95°C).

2.3.2 Análise na massa obtida das pré-misturas

2.3.2.1 Consistência da massa dos pães de queijo

A consistência das massas das três pré-misturas comerciais para pão de queijo foi determinada por meio do farinógrafo, modelo 921204 (Brabender, Duisburg, Alemanha) com caixa misturador com capacidade para 300 g e pás misturadoras reguladas para uma velocidade de 31,5 rpm, de maneira adaptada ao descrito por Pereira (2001). Nas pré-misturas das marcas A e C, o desenvolvimento da massa no farinógrafo foi realizado da seguinte maneira: 250 g de pré-mistura foram colocados no misturador e, em seguida, homogeneizados por 1 minuto, sendo, então, acrescentada a água, de acordo com a quantidade indicada no rótulo de cada formulação. Após 5 minutos, foram adicionados os ovos, tendo clara e gema sido previamente misturadas e homogeneizadas, e a mistura ocorreu por mais 3 minutos, sendo, então, finalmente acrescentada a quantidade de queijo recomendada no rótulo e misturada por 5 minutos. Na pré-mistura da marca B, o desenvolvimento da massa ocorreu de forma semelhante, com exceção da adição de queijo, que não era necessária, diminuindo, assim, o tempo da análise. A evolução da consistência das massas foi determinada por meio dos gráficos gerados pelo aparelho.

2.3.3 Análises nos pães de queijo

2.3.3.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado por meio de pré-secagem em estufa a 65°C, até as amostras estarem quebradiças, seguida por trituração em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil) e, depois, secagem em estufa com circulação de ar a 105°C, até a obtenção do peso constante, conforme método nº 925.09 da AOAC (2000).

2.3.3.2 pH

Mesma metodologia descrita no subitem 2.3.1.4.

2.3.3.3 Acidez titulável

Mesma metodologia descrita no subitem 2.3.1.5.

2.2.3.4 Volume dos pães de queijo

O volume dos pães de queijo foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço (GRISWOLD, 1972).

2.3.3.5 Volume específico dos pães de queijo

O volume específico foi calculado pela relação volume/massa. Os pães de queijo foram pesados em balança analítica, modelo 0079247 (Denver Instrument Company, Nova York, EUA).

2.3.3.6 Densidade dos pães de queijo

A densidade dos pães de queijo foi calculada pela relação massa/volume.

2.3.3.7 Expansão dos pães de queijo

O diâmetro e a altura das massas foram determinados por meio de um paquímetro digital (Digimess 150 mm/6, China) e seu peso foi determinado em balança analítica modelo 0079247 (Denver Instrument Company, Nova York, EUA). Os mesmos dados foram mensurados nos pães de queijo. O índice de expansão (IE) foi calculado da seguinte forma, conforme Pereira (2001):

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

2.3.3.8 Estrutura do miolo dos pães de queijo

Os pães de queijo foram cortados longitudinalmente, sendo então observada visualmente a estrutura do miolo, com ênfase nas características dos alvéolos apresentados.

2.3.3.9 Cor

A cor da crosta, do miolo e da parte inferior (lastro) dos pães de queijo foi determinada utilizando-se colorímetro modelo CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão), empregando-se iluminante D65 e geometria 45/0. Os valores de cor foram expressos no sistema CIELAB. Os valores de L* (luminosidade), a*

(componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram obtidos diretamente do colorímetro e utilizados para cálculo da tonalidade cromática ($H^* = \arctan b^*/a^*$) e croma ou saturação ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$). L^* varia de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto (ou cor escura) e o 100, o branco (cor clara). Para H^* , o 0 representa vermelho puro; o 90, o amarelo puro; o 180, o verde puro e o 270, o azul puro. Assim, valores de $|H^*|$ próximos de 90 indicam tonalidade amarela e valores próximos de 0, a tonalidade vermelha. Com relação ao croma, quanto mais altos os valores de C^* , mais viva é a cor observada (LAWLESS; HEYMANN, 1998).

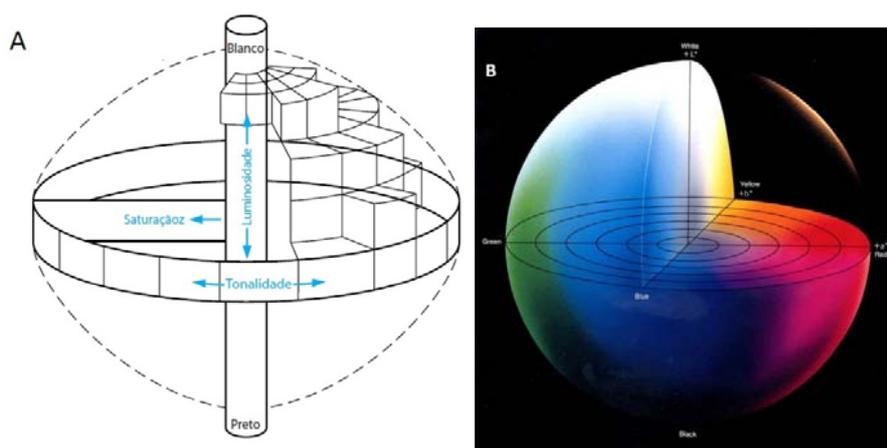


Figura 1 (A) Representação do sólido em três dimensões (tonalidade – H^* , luminosidade – L^* e saturação – C^*) (B) Representação espacial da escala de cores CIElab

Fonte: Konica Minolta (1998)

2.3.3.10 Análise sensorial

Os pães de queijo provenientes das três formulações comerciais de pré-misturas e da formulação padrão foram avaliados sensorialmente por meio da metodologia *check-all-that-apply question* (CATA).

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Cento e dois consumidores, de ambos os sexos, com idades variando de 15 a 60 anos, foram convidados a realizar o teste. Os participantes eram consumidores regulares de pães de queijo. As quatro amostras, com cerca 13 g cada, foram servidas em ordem balanceada (WAKELING; MACFIE, 1995) e de forma monádica, na temperatura em que são consumidos, na faixa de 50°C a 60°C, em recipientes plásticos, inodoros, codificados com números de três dígitos aleatórios. Durante o teste havia água para lavar a boca.

Os testes sensoriais foram realizados em duas sessões. Na primeira sessão, os provadores avaliaram as amostras somente em relação ao seu aspecto global, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando entre os termos hedônicos “gostei extremamente” (escore 9) a “desgostei extremamente” (escore 1) (Figura 2)

Avaliação sensorial de pão de queijo													
Nome: _____	Data: _____												
Sexo: () Feminino () Masculino													
Frequência de consumo de pão de queijo: () 1 vez ao mês; () 2 vezes ao mês; () 1 vez por semana; () 2 vezes por semana; () todos os dias													
Faixa etária: () 15 a 30 anos; () 31 a 45 anos; () 45 a 60 anos; () mais que 60 anos													
Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e avalie, utilizando a escala abaixo, o aspecto global de cada uma delas. Lave a boca com água entre uma amostra e outra.													
9 – Gostei extremamente 8 – Gostei muito 7 – Gostei moderadamente 6 – Gostei ligeiramente 5 – Nem gostei/nem desgostei 4 – Desgostei ligeiramente 3 – Desgostei moderadamente 2 – Desgostei muito 1 – Desgostei extremamente	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Amostra</th> <th style="width: 50%;">Impressão global</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Amostra	Impressão global										
Amostra	Impressão global												

Figura 2 Ficha de avaliação sensorial em relação ao aspecto global dos pães de queijo provenientes das pré-misturas

Sendo assim, na segunda sessão, os mesmos provadores avaliaram as amostras em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e textura, de acordo com escala hedônica de nove pontos, indicando também, dentre os termos listados, aqueles que mais descreviam as amostras (Figura 3).

Ficha de avaliação sensorial

Nome: _____
Sexo: () Feminino () Masculino

Avalie a amostra e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência, do aroma, sabor e textura, indicando com um X quais as características mais apropriadas para descrever esta amostra de pão de queijo.

ESCALA
 9 – gostei extremamente
 8 – gostei muito
 7 – gostei moderadamente
 6 – gostei ligeiramente
 5 – nem gostei/nem desgostei
 4 – desgostei ligeiramente
 3 – desgostei moderadamente
 2 – desgostei muito
 1 – desgostei extremamente

Amostra nº _____

Nota aparência: _____		
Características aparência externa		Características aparência interna
<input type="checkbox"/> Crosta irregular (“caroquenta”)	<input type="checkbox"/> Crosta amarela	<input type="checkbox"/> Miolo amarelo
<input type="checkbox"/> Crosta lisa	<input type="checkbox"/> Arredondado	<input type="checkbox"/> Casca grossa
<input type="checkbox"/> Rachadura	<input type="checkbox"/> Murcho	<input type="checkbox"/> Miolo oco
<input type="checkbox"/> Pontos de queijo	<input type="checkbox"/> Atrativo	<input type="checkbox"/> Pesado (“massudo”)
<input type="checkbox"/> Cresceu		
<input type="checkbox"/> Não cresceu		
Nota aroma: _____	Nota sabor: _____	Nota textura: _____
Características Aroma (cheiro)	Características sabor	Características textura
<input type="checkbox"/> Aroma (cheiro) de queijo	<input type="checkbox"/> Sabor de queijo natural	<input type="checkbox"/> Duro
<input type="checkbox"/> Aroma (cheiro) de polvilho	<input type="checkbox"/> Sabor de queijo artificial	<input type="checkbox"/> Macio
<input type="checkbox"/> Sem aroma caract. de pão de queijo	<input type="checkbox"/> Sabor de polvilho	<input type="checkbox"/> Crocante
	<input type="checkbox"/> Salgado	<input type="checkbox"/> “Borrachento”
	<input type="checkbox"/> Pouco sal	<input type="checkbox"/> Seco
	<input type="checkbox"/> Sal equilibrado	<input type="checkbox"/> “Molhadinho”(úmido)

Figura 3 Ficha de avaliação sensorial dos atributos aparência, aroma, sabor e textura dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e formulação padrão com termos descritivos

Os atributos, para a descrição dos pães de queijo, foram selecionados em reunião única, com 15 participantes, por meio do Método de Rede (MOSKOWITZ, 1983), em que os participantes identificaram características de similaridade e diferenças em duas amostras distintas de pães de queijo.

Os 29 termos sensoriais foram separados na ficha sensorial na ordem em que são percebidos pelos órgãos do sentido, em aparência externa (crosta irregular, crosta lisa, rachadura, pontos de queijo, cresceu, não cresceu, crosta amarela, arredondado, murcho, atrativo), aparência interna (miolo amarelo, casca grossa, miolo oco, pesado), aroma (cheiro de queijo, cheiro de polvilho, sem aroma característico de pão queijo), sabor (sabor de queijo natural, sabor de queijo artificial, sabor de polvilho, salgado, pouco sal, sal equilibrado) e textura (duro, macio, crocante, “borrachento”, seco, úmido). Os consumidores escolheram, dentre os termos listados, aqueles que mais descreviam a amostra em questão.

Ao realizar o teste em duas sessões separadas, evitou-se o efeito de halo (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Este efeito é, muitas vezes, observado nos testes com consumidores, em que é solicitada a avaliação individual de algumas características, seguida da avaliação global do produto.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para as análises realizadas nas pré-misturas foram considerados cinco tratamentos: pré-misturas comerciais das marcas A, B e C e pré-misturas elaboradas em laboratório PL e PQ. Entretanto, algumas análises também foram realizadas em amostras de polvilho azedo e polvilho doce, para auxiliar na interpretação dos resultados.

Para análise da consistência da massa foram considerados três tratamentos, constituídos pelas pré-misturas comerciais das marcas A, B e C.

Para as análises nos pães de queijo foram considerados quatro tratamentos, constituídos pelas pré-misturas comerciais das marcas A, B e C e a formulação padrão P.

As análises foram realizadas em três repetições. Com os dados obtidos, foi realizada análise estatística descritiva, obtendo-se, portanto, média e intervalos com 95% de confiança, por meio do programa computacional Sisvar (versão 5.3) (FERREIRA, 2010).

Com relação à análise sensorial, os dados da frequência dos termos descritores da ficha de avaliação foram contabilizados para cada amostra, elaborando-se uma matriz amostras x atributos. Os dados da metodologia CATA, juntamente com os dados de aceitação global das amostras, foram avaliados por meio de mapa de preferência externo (MACFIE; THOMSON, 1994), utilizando-se modelo vetorial e nível de significância de 0,30.

Realizou-se também a análise de fatores paralelos (PARAFAC) de acordo com Nunes, Pinheiro e Bastos (2011) para avaliação simultânea dos dados de aceitação em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e textura. Os dados foram analisados utilizando-se o programa computacional Matlab (versão 7.5).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório

Os resultados das várias análises realizadas nas pré-misturas comerciais e nas elaboradas em laboratório são apresentados a seguir.

3.1.1 Caracterização química e físico-química

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança dos teores de umidade, extrato etéreo e proteína das pré-misturas estudadas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos, com 95% de confiança, em matéria integral, dos teores de umidade, extrato etéreo e proteína ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$), presentes nas formulações comerciais e elaboradas em laboratório de pré-misturas para pão de queijo

Pré- misturas	Umidade ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)			Extrato etéreo ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)			Proteína ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
A	7,53	7,19	7,87	15,37	13,21	17,53	1,39	0,61	2,17
B	7,28	6,91	7,65	14,58	11,64	17,52	2,49	2,27	2,71
C	10,15	9,72	10,58	8,85	8,15	9,55	2,11	1,80	2,42
PL	10,32	10,17	10,47	15,39	13,90	16,88	2,54	1,89	3,19
PQ	10,67	10,34	11,00	24,80	19,31	30,29	10,51	9,02	12,00

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls = limite superior

A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais

PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo

PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

As amostras C, PL e PQ foram as que apresentaram maiores teores de umidade, quando comparadas às amostras A e B. Os valores encontrados para este parâmetro estão próximos aos encontrados por Aplevicz e Demiate (2007a), em trabalho cujo objetivo foi avaliar a composição química de amostras comerciais de pré-misturas para pães de queijo, com valores na faixa de 6,76% a 9,66%.

O extrato etéreo corresponde a toda fração do alimento solúvel em éter e é constituída, fundamentalmente, de lipídeos, embora outras substâncias afins possam estar presentes, normalmente em baixas quantidades, como pigmentos, fosfatídeos, esteróis e ceras, entre outros (VILAS-BOAS, 1999). A amostra PQ foi a que apresentou o maior valor médio de extrato etéreo, devido ao fato de essa pré-mistura conter, além de gordura vegetal hidrogenada entre seus ingredientes, grande quantidade de queijo parmesão. Por outro lado, a amostra C, uma das pré-misturas comerciais analisadas, apresentou o menor valor médio. Analisando-se os ingredientes descritos no seu rótulo, pode-se verificar que a única fonte provável de extrato etéreo era a gordura vegetal hidrogenada, pois os outros componentes da mistura eram fécula de mandioca, polvilho azedo, amido pré-gelatinizado de mandioca, leite em pó desnatado e sal. Com relação à pré-mistura PL, a fonte de extrato etéreo era a mesma da formulação C, ou seja, gordura vegetal hidrogenada. As formulações A e B continham vários ingredientes que possuem lipídeos em sua composição como queijo em pó e mistura láctea, entre outros.

Quanto ao teor de proteína, novamente a amostra PQ foi a que apresentou maior valor médio, por conter em sua formulação grande quantidade de queijo parmesão, neste caso, único ingrediente rico em proteína. A amostra C, por sua vez, tinha como único ingrediente fonte de proteína o leite em pó desnatado. Dessa forma, foi possível estimar a quantidade desse componente na pré-mistura estudada. O valor médio de proteína encontrado na amostra A

possivelmente se originou do queijo em pó e do soro de leite presentes na formulação. Analisando-se os ingredientes descritos no rótulo da amostra B, verificou-se que o valor médio encontrado para proteína nesta pré-mistura poderia vir de vários componentes, como queijo em pó, condimento preparo sabor queijo, entre outros.

Aplevicz e Demiate (2007a) encontraram teores aproximados de proteína aos teores descritos neste trabalho, na faixa de 0,35% a 3,85%, com exceção da amostra PQ, que apresentou valor bem mais elevado. Com relação ao teor de lipídeos, os valores encontrados por eles também estavam próximos aos encontrados neste estudo, na faixa de 1,33% a 21,44%, com valor médio de 13,23%.

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança do pH e acidez titulável das pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança de pH e acidez titulável (meq 100g⁻¹), em matéria seca, das formulações de pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório

Pré- misturas	pH			Acidez titulável (meq 100g ⁻¹)		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
A	5,71	5,66	5,76	0,12	0,12	0,12
B	5,51	5,50	5,52	0,50	0,33	0,67
C	5,51	5,47	5,55	0,52	0,35	0,69
PL	6,13	6,06	6,20	0,40	0,23	0,57
PQ	5,23	5,07	5,39	0,93	0,75	1,11

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls = limite superior

A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais

PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo

PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

Não houve grandes diferenças entre os valores médios de pH encontrados para as cinco pré-misturas analisadas, entretanto, a pré-mistura PL apresentou o maior valor. Os valores para este parâmetro ficaram próximos aos descritos por Aplevicz e Demiate (2007a), na faixa de 5,72 a 7,30.

Com relação aos valores de acidez titulável, a amostra PQ foi a que apresentou o maior valor, possivelmente pela presença de queijo parmesão ralado em grande quantidade. Este ingrediente possui ácido sórbico em sua composição, atuando como conservante. Pimentel et al. (2002), ao analisarem amostras de queijo ralado, verificaram uso excessivo desse aditivo em 56% das amostras. O queijo parmesão também pode ter contribuído para o aumento da acidez da amostra PQ por se tratar de queijo maturado. Segundo Nabuco, Moretti e Penna (2004), o aumento da acidez do queijo está relacionado à glicólise, na qual a lactose é convertida em ácido lático pelas bactérias da cultura lática, sendo responsável pela produção de sabor e aroma do queijo.

Por outro lado, a pré-mistura A expressou o menor valor de acidez titulável, tendo os valores expressos pelas demais formulações sido bem parecidos uns com os outros.

Outros constituintes das pré-misturas estudadas, que auxiliaram na determinação da composição das mesmas, foram amido e lactose. Os teores médios encontrados e os intervalos com 95% de confiança estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança dos teores de amido e lactose ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$), em matéria integral, presentes nas formulações de pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório

Pré- misturas	Amido ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)			Lactose ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
A	56,83	56,40	57,26	0,68	0,57	0,78
B	70,84	67,04	74,64	2,31	1,63	2,99
C	88,31	87,21	89,41	2,17	1,61	2,73
PL	72,78	71,82	73,74	3,01	2,79	3,23
PQ	51,12	50,26	51,98	0,57	0,30	0,84

\bar{X} = média de três repetições Li = limite inferior Ls = limite superior A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

A mandioca é um importante alimento em países tropicais e na Ásia (PANDEY et al., 2000) e matéria-prima utilizada na produção de polvilhos e féculas de mandioca, que possuem de 80% a 90% de amido na matéria seca (VILELA; FERREIRA, 1987).

A formulação C apresentou o maior teor de amido. De acordo com seu rótulo, a amostra C continha, entre seus ingredientes fontes de amido, a fécula de mandioca, o polvilho azedo e o amido pré-gelatinizado de mandioca. O valor mais alto expresso por esta pré-mistura foi, possivelmente, pelo fato de que os outros componentes estavam presentes em pequenas quantidades e é sabido que fontes amiláceas representam o maior percentual entre os ingredientes da formulação para pão de queijo. Além disso, esta formulação possuía um número menor de ingredientes, quando comparada às outras estudadas. A pré-mistura denominada PQ apresentou menor teor de amido que a amostra PL, mesmo sendo composta pela mesma quantidade de polvilho azedo e polvilho doce. Isso pode explicado pelo fato de que a adição do queijo na formulação PQ acabou diminuindo a proporção deste componente na mistura. O teor de amido expresso

pela pré-mistura A foi em função do amido e do amido modificado presentes na formulação e o valor apresentado pela amostra B foi em função do polvilho doce e da fécula de mandioca modificada que compunham a pré-mistura.

A lactose é o principal glicídeo do leite. É um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos D-glicose e D-galactose, ligados por ligações glicosídicas β -1,4 (GONZÁLEZ; DÜRR; FONTANELI, 2001).

Os teores de lactose variaram bastante entre as formulações. As amostras B, C e PL apresentaram os maiores valores, enquanto as amostras A e PQ expressaram os menores teores de lactose. A amostra PQ não continha leite em sua composição, sendo o teor encontrado nessa pré-mistura em função somente do queijo presente, o qual tem baixas quantidades dessa substância. Segundo Portnoi e MacDonald (2009), o teor de lactose é reduzido em queijos devido a dois processos de produção importantes: a separação e a remoção do soro de leite, além da fermentação da lactose por bactérias. Geralmente, quanto mais maturados os queijos, menores são os teores de lactose.

O teor de lactose apresentado pela amostra PL foi em virtude do leite em pó desnatado adicionado na formulação. O mesmo ocorreu com amostra C, uma vez que o teor expresso por esta pré-mistura foi em função somente do leite em pó desnatado, ingrediente este relacionado em seu rótulo, possibilitando a determinação da quantidade desse componente na pré-mistura. O baixo valor apresentado pela amostra A se justifica pelo fato de essa pré-mistura não ter entre seus ingredientes leite, somente queijo em pó, além de pequena quantidade de soro de leite, incluído no condimento preparado sabor queijo. No que diz respeito à amostra B, vários ingredientes listados no rótulo possuem lactose em sua composição, como, por exemplo, pó de preparo mistura láctea, mistura sabor queijo em pó, entre outros, justificando o valor relativamente alto.

Os minerais desempenham diversas funções no organismo humano e podem ser agrupados em macrominerais, quando presentes em quantidades relativamente grandes no tecido animal e a ingestão exigida está acima de 100 mg/dia e microminerais, quando presentes em quantidades diminutas e a ingestão exigida está abaixo de 100 mg/ dia (VILAS-BOAS, 2008).

Os teores de minerais presentes nas formulações de pré-misturas estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8 Valores médios dos teores de minerais, em matéria integral, presentes nas formulações de pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório

Macrominerais (g 100g ⁻¹)	Pré-misturas				
	A	B	C	PL	PQ
Fósforo	0,01	0,09	0,06	0,06	0,19
Potássio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cálcio	0,01	0,07	0,07	0,07	0,32
Magnésio	0,00	0,0	0,00	0,00	0,10
Enxofre	0,07	0,08	0,08	0,08	0,24
Sódio	1,06	1,16	1,40	1,06	1,70
Microminerais (mg kg ⁻¹)	Pré-misturas				
	A	B	C	PL	PQ
Cobre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manganês	0,10	0,00	0,20	0,10	0,40
Zinco	4,40	5,70	5,40	6,70	10,20
Ferro	32,60	32,50	31,30	23,80	31,50

A, B, C= pré-misturas para pão de queijo comerciais

PL= pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo

PQ= pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

Os teores de fósforo, cálcio, enxofre e manganês encontrados nas cinco formulações de pré-mistura foram relativamente baixos. Não foram encontrados teores de magnésio, potássio e cobre nas amostras.

3.1.2 Calorimetria diferencial de varredura

A gelatinização pode ser caracterizada por uma endoterma obtida por meio da calorimetria diferencial de varredura (DSC), pela perda da birrefringência, observada usando-se microscopia de luz polarizada (cruz de malta), desaparecimento da cristalinidade, inchamento dos grânulos, lixiviação da amilose na fase contínua e eventual ruptura da estrutura dos grânulos (GARCIA et al., 1997). Os grânulos de amido, devido à heterogeneidade dos seus cristais, não gelatinizam à mesma temperatura. Os maiores geralmente gelatinizam primeiro. Portanto, a temperatura de gelatinização representa uma soma de eventos particulares e a gelatinização ocorre numa faixa de temperatura (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007).

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança das temperaturas de início (T_0), de pico (T_p) e da entalpia de gelatinização (ΔH) de amostras de polvilhos azedo e doce e das amostras de pré-misturas para pão de queijo estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança das temperaturas de início (To), de pico (Tp) e entalpia de gelatinização (ΔH), obtidas por calorimetria diferencial de varredura (DSC) de amostras de polvilho azedo e doce e das pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório

Amostras	Análise de DSC								
	To (°C)			Tp (°C)			ΔH (J/g)		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
Polv.	64,08	63,48	64,68	69,07	68,47	69,67	20,33	19,23	21,43
Polv. doce	60,37	57,77	62,97	68,72	67,82	69,62	17,62	16,32	18,92
A	66,31	65,41	67,21	72,38	70,98	73,78	5,78	5,18	6,38
B	67,43	65,93	68,93	73,94	72,14	75,74	8,89	7,88	9,90
C	67,18	65,38	68,68	74,27	72,77	75,77	12,06	11,16	12,96
PL	65,45	64,95	65,95	72,95	72,35	73,55	15,19	14,54	15,84
PQ	68,62	66,82	70,42	76,73	75,53	77,93	6,32	5,29	7,35

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls = limite superior

A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais

PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo

PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

As curvas obtidas por meio da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) são apresentadas no Gráfico 1.

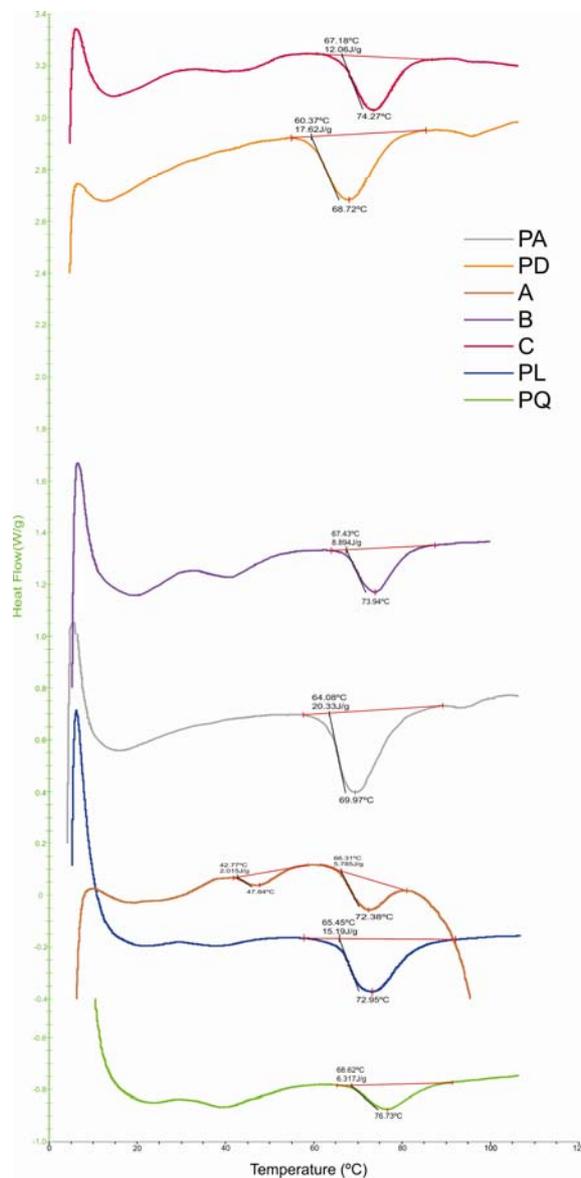


Gráfico 1 Curvas obtidas por meio da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) PA = povilho azedo; PD = povilho doce; A, B, C= pré-misturas para pão de queijo comerciais; PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo; PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

Os valores encontrados, tanto para a temperatura de início de gelatinização quanto para a entalpia de gelatinização do polvilho azedo analisado, foram superiores aos descritos por Diniz (2006), ao caracterizar amostras de polvilho azedo produzidas em duas microrregiões de Minas Gerais, cujo valor médio de T_o foi de 61,38°C e de ΔH foi 13,92 J/g. O mesmo não ocorreu com a temperatura de pico de gelatinização, que apresentou valor semelhante ao do estudo em comparação, cujo valor médio foi de 70,49°C.

As temperaturas de início (T_o) e de pico (T_p) de todas as pré-misturas em estudo foram maiores que as temperaturas de início (T_o) e de pico (T_p) dos polvilhos analisados. Por outro lado, com relação à entalpia de gelatinização (ΔH), os valores obtidos para os polvilhos se mostraram maiores que os das pré-misturas para pão de queijo.

Os baixos valores da ΔH das pré-misturas A e PQ podem ser justificados pela menor proporção de amido em suas formulações. A amostra C, apesar de conter maior teor de amido que a amostra PL, obteve menor valor de ΔH , possivelmente por ter, entre seus ingredientes, amido de mandioca pré-gelatinizado, necessitando de menos energia para que ocorra o processo de gelatinização.

As formulações de pré-mistura para pão de queijo podem ser consideradas um sistema complexo, em que os vários ingredientes presentes acabam por interferir nos resultados da análise de calorimetria diferencial de varredura, dificultando a interpretação dos resultados.

3.1.3 Microscopia ótica sob luz polarizada

O alto grau de orientação das moléculas no grânulo do amido dá origem, sob luz polarizada, ao fenômeno chamado de birrefringência, ou seja, a formação da cruz de malta (AMANTE, 1986).

Na Figura 4 têm-se as micrografias óticas dos polvilhos azedo e doce, sob luz normal e sob luz polarizada.

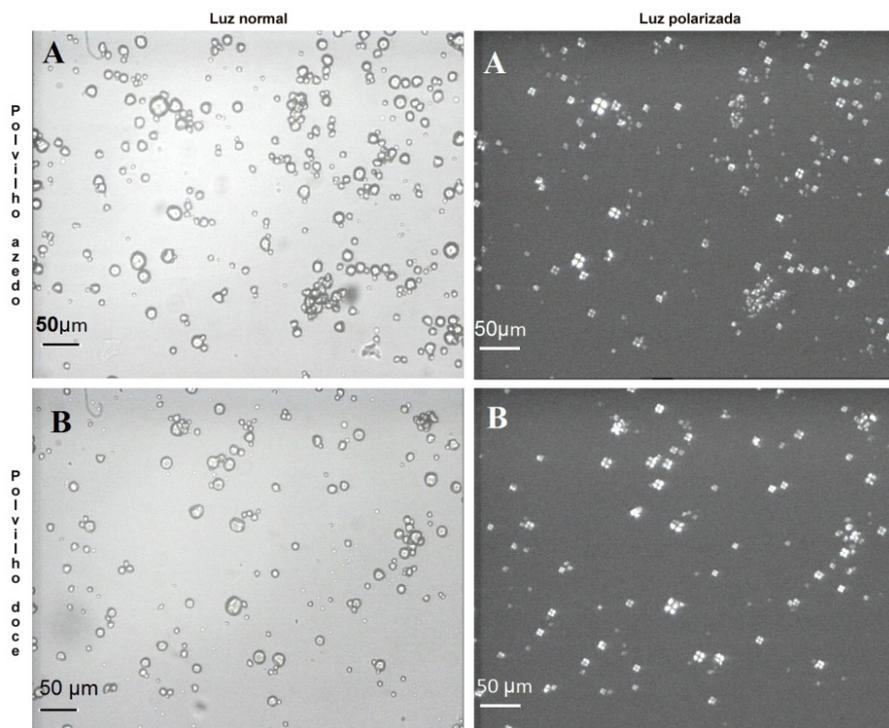


Figura 4 Microscopia ótica (A) polvilho azedo sob luz normal e sob luz polarizada, (B) polvilho doce sob luz normal e sob luz polarizada

De acordo com as micrografias apresentadas na Figura 5, os grânulos de amido dos polvilhos azedo e doce, observados pela luz normal, apresentaram forma arredondada exibindo pontos centrais. Quando observados sob luz polarizada, apresentaram cruz de malta centralizada e bem definida, evidenciando que não houve gelatinização do amido.

As micrografias óticas das pré-misturas comerciais, sob luz normal e sob luz polarizada, estão mostradas na Figura 5.

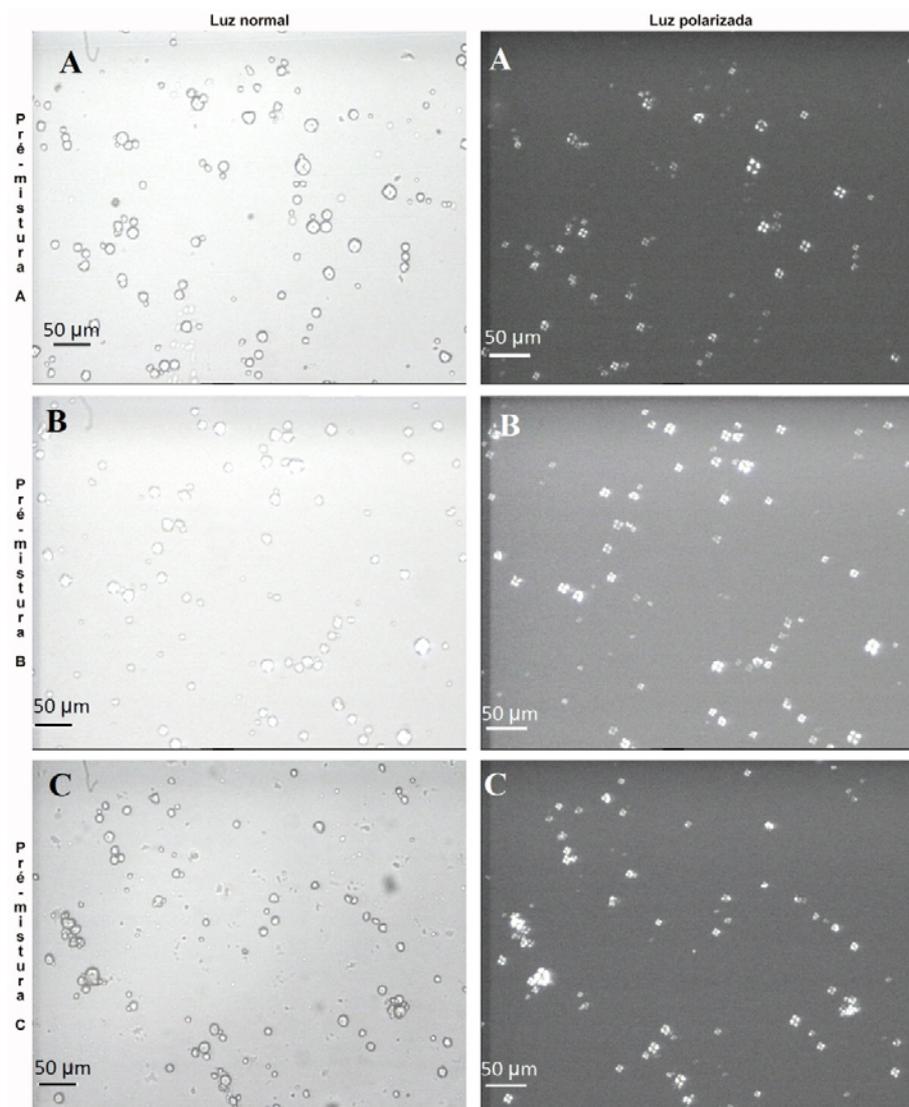


Figura 5 Microscopia ótica de (A) pré-mistura A sob luz normal e sob luz polarizada, (B) pré-mistura B sob luz normal e sob luz polarizada, (C) pré-mistura C sob luz normal e sob luz polarizada

Na Figura 6 observam-se as micrografias óticas das pré-misturas comerciais, sob luz normal e sob luz polarizada.

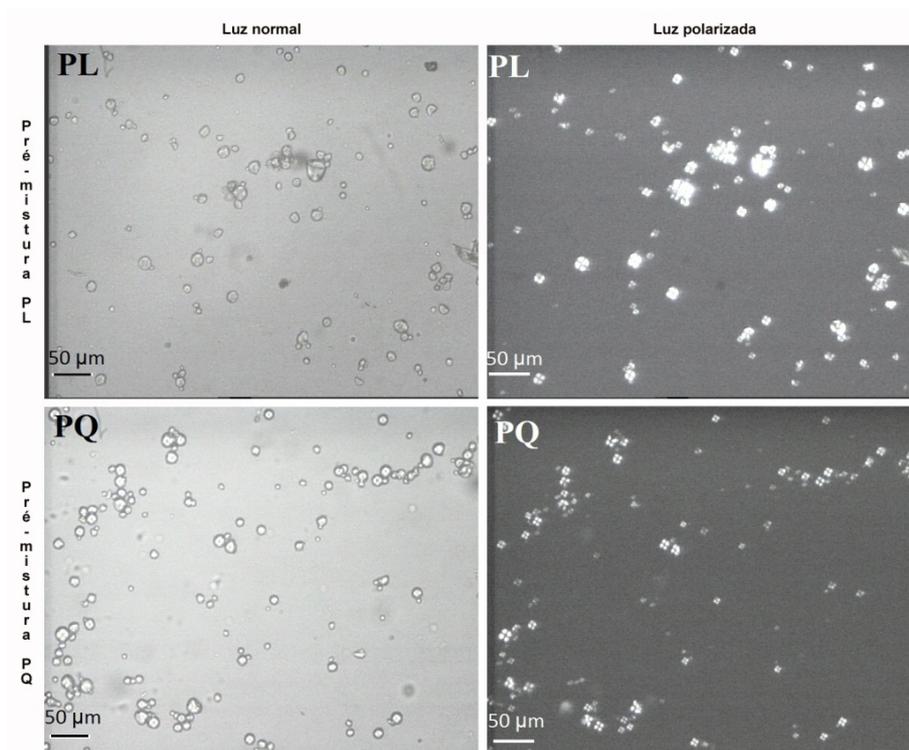


Figura 6 Microscopia ótica de (PL) pré-mistura PL sob luz normal e sob luz polarizada, (PQ) pré-mistura PQ sob luz normal e sob luz polarizada

Ao visualizar as micrografias óticas das pré-misturas para pão de queijo comerciais (Figura 5) e elaboradas em laboratório (Figura 6), comparando-as com as micrografias dos polvilhos (Figura 4), verifica-se que não houve alterações significativas na aparência dos grânulos de amido que pudessem ser observadas pela análise microscópica. Machado, Araújo e Pereira (2010), ao analisarem micrografias óticas de amostras de polvilho azedo em função aos diferentes tratamentos, com e sem escaldamento, também verificaram que o

escaldamento efetuado não promoveu alterações drásticas na aparência dos grânulos de amido.

Apesar de as formulações A, B e C possuírem, entre seus ingredientes, de acordo com rótulos, amidos modificados e pré-gelatinizados, o que poderia resultar na perda da birrefringência dos grânulos, isso não foi verificado, uma vez que a cruz de malta pode ser visualizada, indicando a presença de cristalinidade.

Com relação às pré-misturas PL e PQ, foi possível visualizar, de forma bem nítida, a cruz de malta, evidenciando também que os grânulos de amido não se encontravam gelatinizados.

3.1.4 Microscopia eletrônica de varredura

Durante a fase de produção ou análise de materiais, quase sempre se torna necessário analisar a sua microestrutura. Esta análise microestrutural é muito importante, pois permite entender as relações entre a microestrutura-propriedades-defeitos, além de prever as propriedades do material quando essas relações são estabelecidas. O microscópio eletrônico de varredura (MEV), por sua vez, é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise microestrutural de materiais sólidos. Apesar da complexidade dos mecanismos para a obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de fácil interpretação (MALISKA, 2011). Nesse contexto, a análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para a obtenção de imagens dos grânulos de amido presentes nas pré-misturas comerciais e elaboradas em laboratório.

A forma, o tamanho e outros caracteres dos grãos de amido diferem muito nas várias espécies de vegetais, mas são notavelmente constantes na mesma espécie e órgão. Com relação aos grãos de amido de mandioca, estes são

esféricos ou irregularmente arredondados, em forma de dedal, de esferas truncadas em uma ou mais facetas e variam de 25 a 35 μ de diâmetro, hilo pontuado linear ou estrelado, ocupando, geralmente, o centro do grão. Tanto os grãos pequenos como os grandes formam agregados de dois a três elementos (FONTES; FONTE, 2005).

A microestrutura dos grânulos de amido de polvilhos azedo e doce, obtida por meio da MEV, é evidenciada na Figura 7.

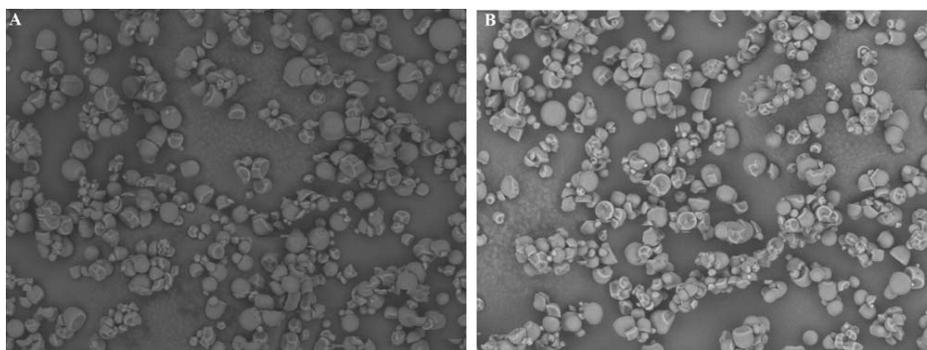


Figura 7 Microscopia eletrônica de varredura (500x) de (A) polvilho azedo, (B) polvilho doce

Cárdenas e Buckle (1980) afirmam que o polvilho azedo é um produto fermentado modificado pelo ataque de ácidos e enzimas. O ataque ácido é evidenciado pela grande produção de ácidos orgânicos e o ataque enzimático por pequenas corrosões em alguns grânulos de amido fermentado.

Em função do processo fermentativo sofrido pelo grânulo de amido do polvilho azedo, esperava-se encontrar diferenças entre os grânulos dos polvilhos analisados. Porém, isso não ficou evidenciado.

As fotomicrografias das pré-misturas comerciais A, B e C e das elaboradas em laboratório PL e PQ são mostradas na Figura 8.

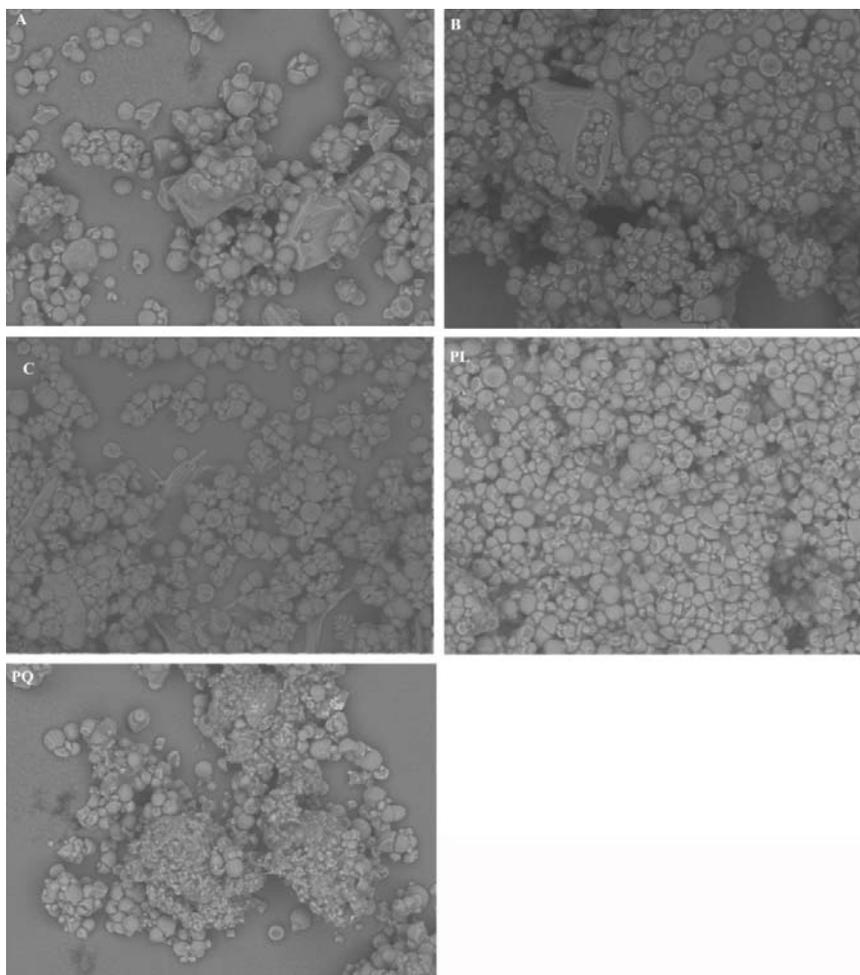


Figura 8 Microscopia eletrônica de varredura (500x) das pré-misturas comerciais A, B, C e das elaboradas em laboratório PL e PQ

Na Figura 8, podem-se visualizar os grânulos de amido presentes nas amostras das pré-misturas, além de outras estruturas. As imagens obtidas para as formulações C (comercial) e PL (elaborada em laboratório) foram bem parecidas, com predominância de grânulos de amido. Com as fotomicrografias das pré-misturas denominadas A e B é possível visualizar a agregação dos grânulos amiláceos presentes, provavelmente por estruturas de origem lipídica.

Na imagem da pré-mistura PQ verifica-se a formação de blocos contendo grânulos de amido, além do queijo e da gordura vegetal hidrogenada, ambos adicionados nessa formulação.

3.1.5 Propriedades viscoamilográficas

A viscosidade de pasta do amido é tradicionalmente avaliada por meio da análise das curvas de viscosidade, denominadas amilogramas. Estes podem ser obtidos por meio do viscoamilógrafo Brabender e, mais recentemente, pelo viscoamilógrafo rápido (*rapid visco analyser* – RVA). Os amilogramas refletem as características do amido em presença de água, calor e cisalhamento durante a formação do gel, bem como a resistência do gel às forças mecânicas no aquecimento e a tendência a retrogradação, mediante análise do comportamento no resfriamento (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007).

O amido de mandioca é de alta expansão, pois seus grânulos sofrem grande inchamento sob temperaturas mais baixas. Porém, as forças associativas tornam-se frágeis sob agitação mecânica, o que faz com que o seu viscoamilograma apresente um pico de viscosidade seguido de uma acentuada queda durante o aquecimento (FRANCO et al., 2001).

O aumento de viscosidade com a elevação da temperatura no ciclo de aquecimento ocorre pela perda parcial das ligações de hidrogênio e rompimento da organização molecular, que unem as frações presentes no amido, originando sítios hidrofílicos que se ligam às moléculas de água, aumentando a solubilidade do amido e a viscosidade a quente (ASCHIERI; CARVALHO, 2006).

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança da temperatura inicial de pasta, viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação das amostras de polvilho azedo e doce e das pré-misturas para pão de queijo estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança da temperatura inicial de pasta, viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação de amostras de polvilho azedo e doce e das pré-misturas para pão de queijo

Amostras	Temperatura inicial			Viscosidade máxima			Quebra de viscosidade			Viscosidade final			Tendência à retrogradação		
	°C			(cP)											
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
PA	67,2	65,9	68,5	2262,0	2248,9	2275,0	1815,0	1807,9	1822,0	548,0	535,8	560,2	101,0	90,7	111,3
PD	66,7	66,0	67,4	3917,0	3904,8	3929,2	2657,0	2647,7	2666,3	1768,0	1759,6	1776,3	508,0	500,4	515,6
A	67,9	67,4	68,4	1743,5	1731,3	1755,6	795,5	772,7	818,3	1271,0	1258,8	1283,2	323,0	310,8	335,2
B	69,9	69,4	70,4	1826,0	1818,9	1833,0	760,5	733,8	787,2	1405,0	1380,4	1429,6	339,5	331,2	347,8
C	68,3	67,5	69,1	2176,0	2151,4	2200,6	1274,0	1272,3	1275,7	1222,0	1186,9	1257,1	320,0	295,2	344,8
PL	67,9	66,7	69,1	1204,5	1192,3	1216,6	612,0	596,2	627,8	769,0	758,5	779,5	176,5	166,0	187,0
PQ	71,9	70,6	73,2	766,0	731,3	800,7	460,0	449,5	470,5	387,5	364,7	410,3	81,5	73,86	89,1

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls= limite superior

PA = polvilho azedo

PD = polvilho doce

A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais

PL = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem queijo e sem ovo

PQ = pré-mistura para pão de queijo, elaborada em laboratório, sem leite e sem ovo

As curvas do perfil viscoamilográfico das amostras de pré-misturas para pão de queijo comerciais e elaboradas em laboratório e dos polvilhos doce e azedo são apresentadas no Gráfico 2.

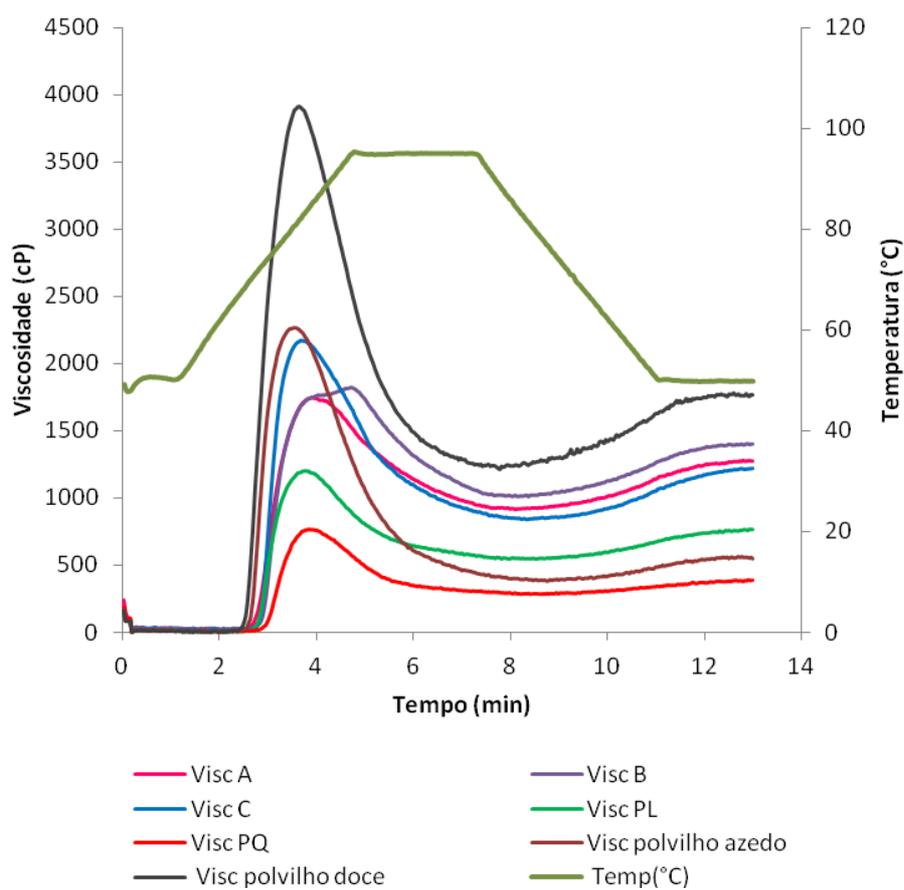


Gráfico 2 Perfil viscoamilográfico (RVA) das pré-misturas comerciais e elaboradas em laboratório e dos polvilhos azedo e doce

A temperatura inicial de pasta corresponde àquela em que a suspensão de amido começa a aumentar sua viscosidade. Altas temperaturas de pasta evidenciam poucas regiões amorfas dos grânulos (LEONEL et al., 2003). Com relação aos polvilhos analisados, estes apresentaram temperaturas iniciais de pasta parecidas. Por outro lado, entre as pré-misturas, a formulação PQ expressou maior valor, seguida da amostra B. As demais também apresentaram temperaturas semelhantes.

O polvilho azedo é considerado um amido modificado devido às alterações em suas propriedades reológicas, tais como a redução de sua viscosidade máxima a quente, resultante da oxidação molecular e da radiação solar durante a etapa de secagem (DINIZ, 2006). Por esse motivo, as pastas de polvilho azedo se mostraram menos viscosas que as pastas de polvilho doce. Resultado semelhante foi obtido por Aplevicz e Demiate (2007b), ao caracterizarem amidos de mandioca nativos e modificados e testá-los na elaboração de pão de queijo e biscoito de polvilho.

A quebra de viscosidade, também conhecida como *breakdown*, representa a diferença entre o pico de viscosidade e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico. Por meio dessa propriedade é possível avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, sob agitação mecânica, indicando, indiretamente, a capacidade do produto de se manter íntegro durante o cozimento (TEBA; ASCHERI; CARVALHO, 2009). Entre os polvilhos, o que apresentou maior quebra de viscosidade foi o doce (2657 cP). Entre as formulações de pré-mistura, a amostra C expressou um maior valor para este parâmetro (1274 cP).

Uma das características dos produtos amiláceos, após o aquecimento seguido da gelatinização e do resfriamento dos grânulos, é o processo de retrogradação, em que, durante a determinação da viscosidade de pasta no viscoamilógrafo, o ciclo de resfriamento, normalmente, mostra a tendência à

retrogradação por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina. Esse reagrupamento entre as frações de amilose e amilopectina confere, na maioria dos casos, um aumento na viscosidade final (BOBBIO; BOBBIO, 2003). O polvilho doce apresentou maior capacidade de retrogradação em relação ao polvilho azedo. Entre as pré-misturas para pão de queijo, as amostras A, B e C apresentaram os maiores valores de tendência a retrogradação.

Com relação às pré-misturas para pão de queijo, é válido ressaltar que os vários ingredientes de origem não amilácea presentes nas formulações interferem nos parâmetros viscoamilográficos analisados, dificultando assim a interpretação dos resultados.

A amostra C foi a que apresentou o maior valor para viscosidade máxima. Isso pode ser justificado pela maior proporção de componentes amiláceos presentes nessa formulação, além da presença de amido pré-gelatinizado de mandioca. Por outro lado, a amostra PQ foi a que apresentou o menor valor, devido, principalmente, à grande quantidade de queijo adicionado. Outra justificativa seria a maior proporção de polvilho azedo em relação ao polvilho doce na formulação.

Os valores de viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação das amostras A e B se mostraram bem parecidos.

3.2 Caracterização das massas dos pães de queijo

Os resultados da análise de consistência da massa das pré-misturas para pão de queijo comerciais são apresentadas a seguir.

3.2.1 Consistência da massa dos pães de queijo

O farinógrafo Brabender é empregado para avaliar a qualidade de uma farinha de trigo quanto à sua capacidade de absorver água e resistir ao amassamento durante os processos de fabricação de pães e produtos correlatos. Entretanto, Pereira et al. (2004) concluíram que esse equipamento poderia ser utilizado no estudo da consistência de massas de pão de queijo. Sendo assim, o aparelho foi utilizado para a fabricação das massas dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e para o registro da consistência das mesmas, por meio dos movimentos das pás do aparelho, sendo expressa em unidades farinográficas (UF).

O comportamento das três formulações de pré-misturas comerciais com a adição de água, ovos e queijo é mostrado no Gráfico 3, lembrando que o queijo só foi adicionado nas pré-misturas A e C.

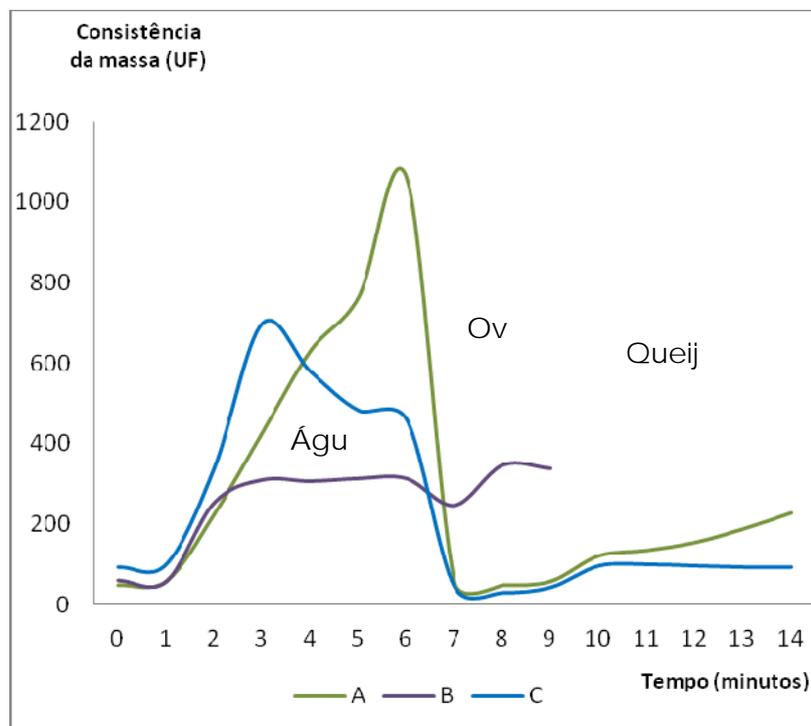


Gráfico 3 Curvas médias de consistência das massas de pão de queijo provenientes das pré-misturas comerciais, em função do tempo

Na Tabela 11 são mostrados os valores médios e os intervalos com 95% de confiança da consistência final das massas dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais.

Tabela 11 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança de consistência final (UF) das massas dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais

Formulações	Consistência final (UF)		
	\bar{X}	Li	Ls
A	227	112	342
B	338	288	388
C	93	64	122

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls= limite superior

A, B, C = pré-misturas para pão de queijo comerciais

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 3, no que diz respeito ao comportamento da massa proveniente da formulação A, foi registrado pelo aparelho um aumento de sua consistência ao adicionar a água, seguido de uma queda drástica com o acréscimo dos ovos e leve elevação com a adição do queijo. O mesmo comportamento foi verificado por Machado e Pereira (2010), ao estudarem o comportamento reológico da massa de pão de queijo em função dos métodos de preparo empregados. A massa proveniente da formulação C apresentou comportamento semelhante, entretanto, o pico máximo de sua consistência durante a mistura com água ocorreu por volta dos 3 minutos e, no caso da massa da pré-mistura A, esse pico ocorreu mais tarde, aproximadamente por volta dos 6 minutos. O aumento da consistência da massa obtida da pré-mistura B aconteceu em torno dos 2 minutos, permanecendo relativamente constante até o acréscimo dos ovos.

A pré-mistura A obteve os maiores valores de consistência durante a mistura com água, quando comparada às amostras B e C, como pode ser visualizado no Gráfico 4, talvez pelo tipo de amido presente nessa formulação. Entretanto, ao final da mistura, o valor médio de consistência ficou próximo a 226 UF.

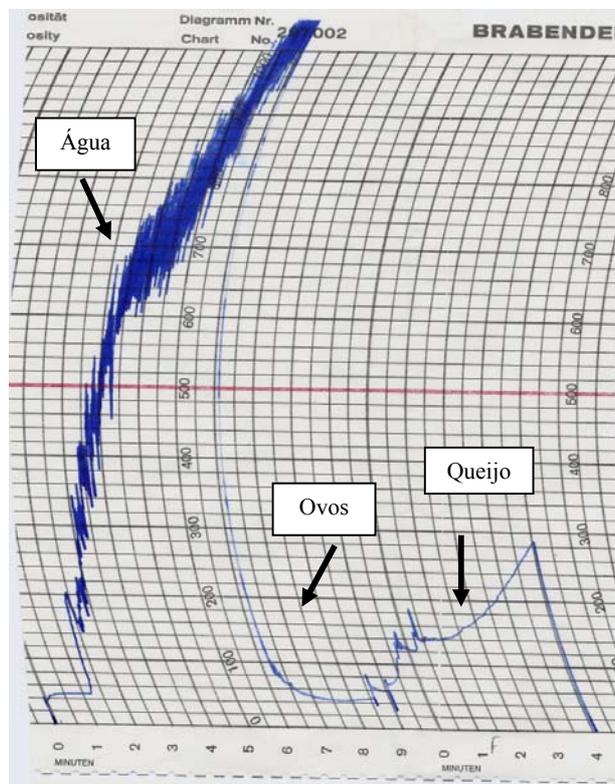


Gráfico 4 Curva de consistência da pré-mistura para pão de queijo comercial A obtida por meio do farinógrafo Brabender

No caso da pré-mistura B, em que não houve adição de queijo, logo após a diminuição da consistência com o acréscimo dos ovos, a massa voltou ter sua consistência aumentada a valores maiores que os obtidos durante a mistura somente com água, conforme pode ser visualizado no Gráfico 5, tendo o valor médio de consistência final sido de 338. Os valores de consistência apresentados por essa formulação durante a mistura com água foram mais baixos que os valores de consistência apresentados pelas amostras A e C.

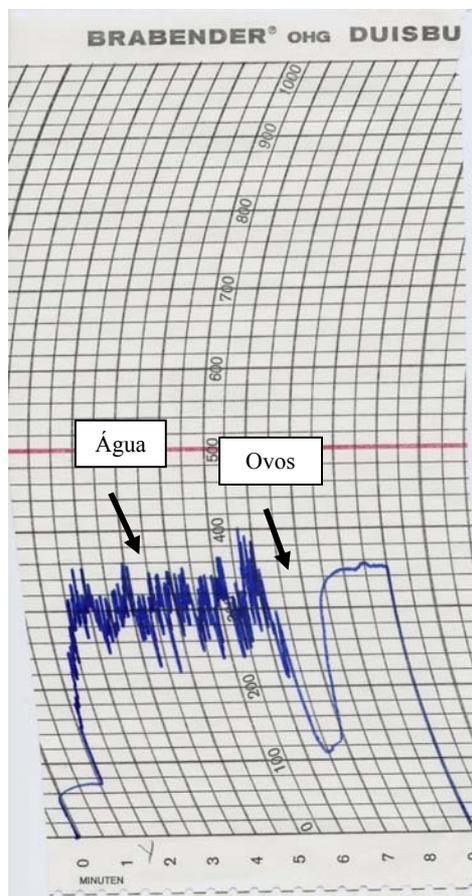


Gráfico 5 Curva de consistência da pré-mistura para pão de queijo comercial B, obtida por meio do farinógrafo Brabender

O perfil de consistência da massa proveniente da formulação comercial denominada C é apresentado no Gráfico 6. O valor de consistência durante a mistura com água ficou próximo a 700 UF. Ao final, após a adição do queijo, o valor médio de consistência apresentado foi de apenas 93 UF, bem abaixo do reportado por Machado e Pereira (2010), em que a consistência mínima encontrada em massas de pão de queijo foi de 170 UF. Essa massa apresentou-se

bastante pegajosa quando comparada às demais, com maior dificuldade de ser modelada.

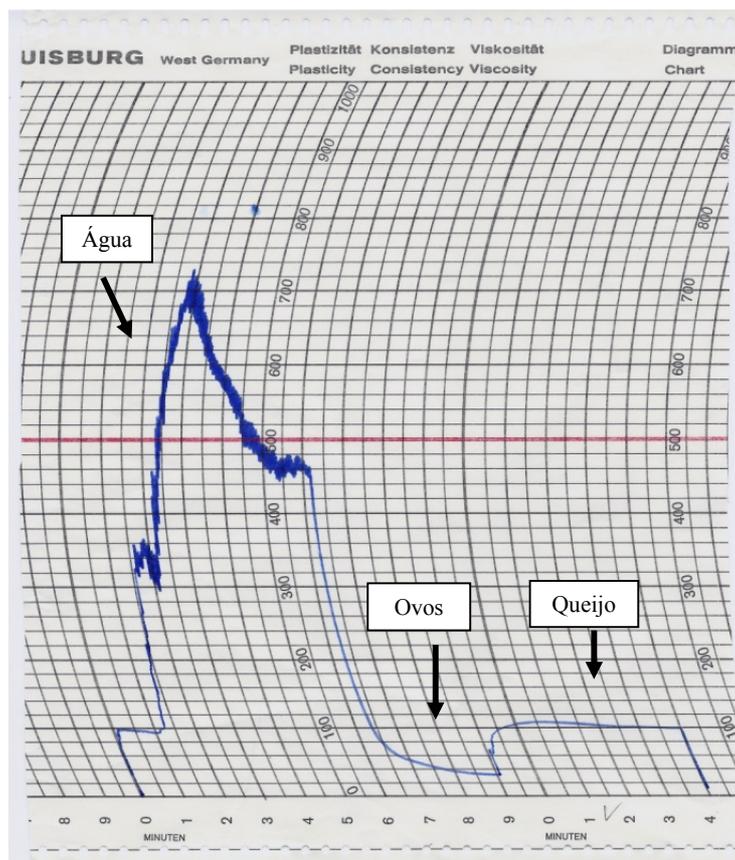


Gráfico 6 Curva de consistência da pré-mistura para pão de queijo comercial C obtida por meio do farinógrafo Brabender

Pereira et al. (2004) verificaram que, quanto à consistência final de massas de pão de queijo, ou seja, a consistência da massa após a colocação de todos os ingredientes e após o tempo de mistura, não há influência significativa dos tipos de polvilho empregados, mas sim do tipo de formulação utilizada. Isso indica que a consistência final das massas de pão de queijo, apesar das variações

sofridas durante sua evolução, é independente do tipo de polvilho e dependente apenas da formulação.

3.3 Caracterização dos pães de queijo

Os resultados das várias análises realizadas nos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão são apresentados a seguir.

3.3.1 Caracterização físico-química dos pães de queijo

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança da umidade, pH e acidez titulável dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança de umidade ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), em matéria integral, de pH e acidez titulável ($\text{meq } 100\text{g}^{-1}$), em matéria seca, dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão

Formulações	Umidade ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)			pH			Acidez titulável ($\text{meq } 100\text{g}^{-1}$)		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
	A	27,85	26,03	29,67	5,78	5,73	5,83	5,90	4,55
B	25,86	23,56	28,16	5,70	5,59	5,81	4,57	3,48	5,66
C	28,89	27,60	30,18	5,41	5,30	5,52	9,79	9,38	10,20
P	25,83	24,79	26,87	5,45	5,32	5,58	10,44	8,26	12,62

\bar{X} v= média de três repetições

Li= limite inferior Ls= limite superior

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais

P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

Os teores de umidade encontrados para os pães de queijo provenientes das diferentes formulações se mostraram bem semelhantes. Os valores encontrados neste trabalho estão abaixo dos encontrados por Pereira et al. (2005), ao analisarem pães de queijo provenientes de três marcas comerciais do produto congelado, cujo valor médio foi de 31,23%. Entretanto, estão próximos aos reportados por Pereira (2001), ao analisar pães de queijo provenientes de uma formulação completa, oriundos de massa não congelada, na faixa de 25,06% a 26,66%.

Quanto ao pH, não houve grandes diferenças entre os valores encontrados para os pães de queijo provenientes das diferentes formulações. Entretanto, os pães de queijos oriundos das pré-misturas A e B apresentaram os maiores valores. Estes ficaram próximos aos descritos por Pereira (2001) para a formulação completa, 5,90 e de Pereira et al. (2005), cujo valor médio foi de 5,83. Os pães de queijo das formulações C e P expressaram os menores valores, justamente aqueles com maior quantidade de queijo.

Com relação à acidez titulável, as amostras C e P se mostraram mais ácidas. A acidez é influenciada pela quantidade de polvilho azedo empregado na formulação, bem como pela quantidade de queijo adicionado. Os valores encontrados para ambas as formulações foram parecidos aos relatados por Pereira (2001) para pães de queijo oriundos de uma formulação completa, na faixa de 7,43 meq 100 g⁻¹ a 9,72 meq 100 g⁻¹. Por outro lado, as amostras A e B apresentaram teor de acidez relativamente baixo, provavelmente por não conter polvilho azedo. No caso da formulação B, por não necessitar de adição de queijo e, no caso da formulação A, pela menor quantidade de queijo adicionada.

3.3.2 Caracterização física dos pães de queijo

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança do volume, volume específico, densidade e índice de expansão dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança de volume (cm^3), volume específico (cm^3/g), densidade (g/cm^3) e índice de expansão dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão

Formulações	Volume (cm^3)			Volume específico (cm^3/g)			Densidade (g/cm^3)			Índice de expansão		
	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls	\bar{X}	Li	Ls
	A	40,0	40,0	40,0	3,2	3,0	3,4	0,31	0,29	0,33	1,45	1,39
B	40,0	40,0	40,0	2,9	2,6	3,1	0,35	0,32	0,38	1,30	1,21	1,39
C	38,3	31,2	45,5	3,0	2,3	3,7	0,33	0,26	0,40	1,50	1,43	1,57
P	35,0	35,0	35,0	3,3	3,2	3,4	0,31	0,22	0,40	0,98	0,87	1,09

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls = limite superior

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais

P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

Os pães de queijo das formulações de pré-misturas comerciais apresentaram volumes semelhantes. Com relação ao volume específico, parâmetro que leva em consideração também o peso do pão de queijo, também não foram verificadas grandes diferenças nos valores obtidos. Quanto à densidade, valores menores são os mais desejáveis para este tipo de produto. Mais uma vez, os valores expressos pelos pães de queijo foram parecidos, tendo ficado próximos ao descrito por Pereira (2001) para os pães de queijo da

formulação completa não congelada, $0,31 \text{ g/cm}^3$. Porém, foram maiores que os relatados por Machado e Pereira (2010), de $0,19 \text{ g/cm}^3$ a $0,25 \text{ g/cm}^3$.

Com relação ao índice de expansão, Silva, Façanha e Silva (1998) sugeriram que o poder de expansão é altamente dependente da gelatinização do amido, sendo favorecida pelo aumento do teor de água presente na formulação. Os pães de queijo provenientes das formulações comerciais A, B e C apresentaram maiores valores. Por outro lado, as amostras da formulação padrão expressaram menor índice de expansão.

3.3.3 Estrutura do miolo dos pães de queijo

Quanto à estrutura do miolo, os pães de queijo provenientes da formulação A apresentaram alvéolos heterogêneos, com diferentes profundidades, sendo alguns mais profundos (maiores), com formação de rede (teia). Entretanto, algumas amostras se mostraram lisas, totalmente sem alvéolos (Figura 9).



Figura 9 Pão de queijo proveniente da formulação A (corte longitudinal)

Com relação aos pães de queijo provenientes da formulação B, estes se mostraram com alvéolos bem definidos, menores quando comparados às amostras A e C, com menor coalescência dos alvéolos (Figura 10).



Figura 10 Pão de queijo proveniente da formulação B (corte longitudinal)

Quanto aos pães de queijo provenientes da pré-mistura C, estes apresentaram alvéolos maiores, quando comparados à amostra A, bem distribuídos (rasos), com aspecto brilhante (presença de óleo), aparência de colapso dos alvéolos (falta de expansão), pouca formação de rede (teia), com estrutura mais bem definida (Figura 11).



Figura 11 Pão de queijo proveniente da formulação C (corte longitudinal)

Os pães de queijo da formulação P apresentaram alvéolos medianos, com profundidades simétricas (Figura 12).

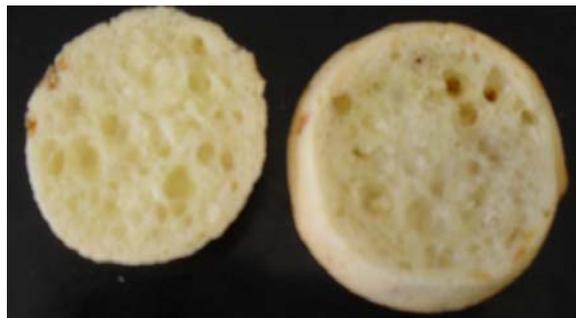


Figura 12 Pão de queijo provenientes da formulação P (corte longitudinal)

Pelo fato de não existir padrão de identidade e qualidade para pães de queijo, não há como estabelecer quais seriam os miolos ideais, sendo todos os apresentados igualmente aceitáveis, ficando esta escolha a critério do consumidor, de acordo com sua preferência.

3.3.4 Cor dos pães de queijo

Os pães de queijo das diferentes formulações também foram caracterizados em relação à cor.

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança dos parâmetros de cor, luminosidade (L^*), saturação ou croma (C^*) e tonalidade cromática (H^*), das crostas dos pães de queijo estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança dos parâmetros L* (luminosidade), C* (saturação) e H* (tonalidade) das crostas dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão

Amostras	L* Crosta			C* Crosta			H* Crosta		
	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si
A	77,14	76,04	78,24	22,22	21,62	22,82	82,61	82,11	83,11
B	78,16	77,36	78,86	21,23	20,83	21,63	86,07	85,67	86,47
C	69,88	70,38	70,88	24,36	23,66	25,06	78,59	78,27	78,91
P	76,41	75,81	77,01	26,84	26,14	27,54	84,18	83,31	85,05

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls= limite superior

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais

P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

As crostas das amostras A, B e P apresentaram-se mais claras quando comparadas à amostra C, obtendo os maiores valores para L*. Minim et al. (2000) verificaram que o aumento do teor de proteína na massa de pães de queijo favorece a reação de Maillard, realçando a cor do produto assado. Os pães de queijo provenientes da pré-mistura C necessitavam de maior quantidade de queijo, aumentando, assim, o teor de proteína disponível, justificando um maior valor para L*. Com relação ao parâmetro C*, os pães de queijo da formulação P apresentaram os maiores valores, seguidos da amostra C, relacionando-os a crostas de cores mais vivas. As amostras A e B, por outro lado, apresentaram cores menos saturadas, ou seja, menos intensas. Quanto à tonalidade cromática (H*), os valores variaram de 82,11 a 87,47, estando estes entre 0 (vermelho puro) e 90 (amarelo puro), indicando que os pães de queijo apresentaram cor amarela, levemente alaranjada, o que já era esperado para este tipo de produto.

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança dos parâmetros de cor luminosidade (L*), saturação ou croma (C*) e tonalidade cromática (H*) das partes inferiores dos pães de queijo estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança dos parâmetros L* (luminosidade), C* (saturação) e H* (tonalidade) das partes inferiores dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão

Amostras	L* Parte inferior			C* Parte inferior			H* Parte inferior		
	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si
A	66,84	66,66	67,02	31,45	30,47	32,43	75,32	74,84	75,80
B	64,44	63,92	64,96	27,98	27,42	28,54	73,40	73,14	73,66
C	57,10	56,74	57,46	29,26	28,91	29,61	67,50	66,65	68,35
P	64,25	63,79	64,71	31,48	30,85	32,11	74,62	73,85	75,39

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls= limite superior

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais

P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

Assim como as crostas, as partes inferiores dos pães de queijo das amostras A, B e P apresentaram-se mais claras, obtendo os maiores valores de L*, enquanto as da amostra C se mostraram levemente mais escuras, provavelmente em função da grande quantidade de queijo e sua relação com a reação de Maillard, anteriormente comentada. Quanto à saturação, as partes inferiores dos pães de queijo das amostras A e P apresentaram cores mais vivas, seguidas das amostras C e P. Em relação a H*, os pães de queijo apresentaram valores entre 66,65 e 75,80, estando entre as cores amarela e vermelha, resultando em uma cor amarronzada para a parte inferior que fica em contato com a assadeira.

Os valores médios e os intervalos com 95% de confiança dos parâmetros de cor luminosidade (L*), saturação ou croma (C*) e tonalidade cromática (H*) dos miolos dos pães de queijo estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 Valores médios e limites inferiores e superiores dos intervalos com 95% de confiança dos parâmetros L* (luminosidade), C* (saturação) e H* (tonalidade) dos miolos dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão

Amostras	L* Miolo			C* Miolo			H* Miolo		
	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si	\bar{X}	Li	Si
A	69,88	69,25	70,51	19,05	18,41	19,69	80,47	80,11	80,83
B	66,67	66,22	67,12	19,14	18,90	19,38	84,05	83,77	84,33
C	67,15	66,87	67,43	21,26	20,71	21,81	85,55	85,17	85,93
P	67,04	65,91	68,17	21,38	20,60	22,46	89,20	88,25	89,45

\bar{X} = média de três repetições

Li = limite inferior Ls= limite superior

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais

P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

Os miolos dos pães de queijo oriundos da pré-mistura A obtiveram os maiores valores de L*, apresentando-se mais claros. Os miolos das amostras B, C e P apresentaram valores semelhantes entre si, levemente mais escuros de que os miolos da amostra A. Com relação ao parâmetro C*, os miolos das amostras C e P apresentaram cores mais vivas, quando comparados aos das amostras A e B. Quanto à tonalidade cromática (H*), o miolo da amostra P apresentou o valor mais próximo de 90 (amarelo puro), indicando cor amarela intensa. De forma geral, os miolos dos pães de queijo provenientes das diferentes pré-misturas e da formulação padrão apresentaram cor amarelada.

3.3.5 Análise sensorial

3.3.5.1 *Check-all-that-apply question* e mapa de preferência externo

Na Tabela 17 mostra-se a frequência absoluta de cada um dos termos da CATA utilizados pelos participantes para descrever as amostras de pães de queijo.

Tabela 17 Frequência de citação dos termos CATA, utilizados para descrever as amostras de pães de queijo provenientes das pré-misturas e da formulação padrão

Atributos	Sigla	Amostras			
		A	B	C	P
Crosta irregular	ci	08	29	23	33
Crosta lisa	cl	68	34	19	35
Rachadura	ra	22	62	09	11
Pontos de queijo	pq	15	00	81	53
Cresceu	cr	40	30	18	20
Não cresceu	ncr	9	25	39	40
Crosta amarela	ca	55	22	42	36
Arredondado	arr	50	45	12	20
Murcho	mur	25	10	52	40
Atrativo	atr	29	16	17	17
Miolo amarelo	mia	72	46	56	60
Crosta grossa	cg	02	15	07	16
Miolo oco	mio	07	02	23	17
Pesado	pes	46	66	28	22
Aroma de queijo	arq	53	64	57	55
Aroma de polvilho	arp	32	24	12	30
Sem aroma característico de pão queijo	sarpq	22	16	30	18
Sabor de queijo natural	saqn	27	17	62	52
Sabor de queijo artificial	saqa	45	62	14	19
Sabor de polvilho	sap	17	18	14	30
Salgado	sal	00	10	12	32
Pouco sal	pos	34	18	08	04
Sal equilibrado	saeq	38	38	55	41
Duro	dur	01	05	01	05
Macio	mac	74	59	80	63
Crocante	cro	05	01	09	28
“Borrachento”	borr	37	51	30	17
Seco	sec	38	10	01	11
“Molhadinho” (úmido)	umi	04	16	40	31

A, B, C = pães de queijo provenientes das pré-misturas para pão de queijo comerciais
P = pães de queijo provenientes da formulação padrão

Como se observa nos dados da Tabela 17, os termos mais citados, considerando o somatório das frequências maior ou igual a 140 citações, foram “crosta lisa”, “pontos de queijo”, “crosta amarela”, “miolo amarelo”, “pesado”, “aroma de queijo”, “sabor de queijo natural”, “sabor de queijo artificial”, “sal equilibrado” e “macio”. Por outro lado, o atributo menos citado foi “duro”.

Observou-se variação na frequência dos 29 termos utilizados para descrever as amostras (Tabela 17). Isto sugere que estas questões foram capazes de detectar diferenças na percepção sensorial dos consumidores em relação aos pães de queijo.

Os dados obtidos por meio da metodologia CATA, juntamente com os dados de aceitação global, foram avaliados por meio de mapa de preferência externo (MPRE) (Gráfico 7).

Para entender a relação entre os dados dos consumidores e os sensoriais, o mapa de preferência é um método eficaz, sendo um conjunto de técnicas estatísticas amplamente utilizado para a otimização de produtos, pela compreensão da relação entre a preferência do consumidor e os dados sensoriais, com o objetivo de identificar os direcionamentos da aceitação (FAYE et al., 2006; GREENHOFF; MACFIE, 1999).

As duas primeiras dimensões da análise de componentes principais (ACP) explicaram 80,81% da variância dos dados experimentais, representando 50,64% e 32,17% da variância, respectivamente. No Gráfico 7, as amostras foram representadas pelos quadrados, os atributos por círculos e os consumidores pelos vetores.

Os termos “cresceu (cr)”, “seco (sec)”, “sabor de queijo natural (saqn)”, “salgado (sal)” e “macio (mac)” foram correlacionados negativamente com os termos “não cresceu (ncr)”, “úmido (umi)”, “sabor de queijo artificial (saqa)”, “pouco sal (pos)” e “duro (dur)”, respectivamente, sugerindo, dessa forma, que os consumidores foram coerentes na avaliação das amostras e também capazes de identificar os diferentes atributos sensoriais presentes nas amostras de pães de queijo. Ares et al. (2010), em um estudo cujo objetivo foi aplicar as questões CATA no desenvolvimento de sobremesas lácteas de chocolate, verificaram também que a maioria dos termos utilizados no teste que continham o advérbio “muito” teve correlação negativa com os termos que continham a expressão “não muito”.

Foi possível relacionar as características encontradas pelos consumidores em cada pão de queijo com sua aceitação.

Por meio do mapa de preferência externo (Gráfico 7) verificou-se que a amostra C foi a preferida pelos consumidores, em virtude da maior concentração dos vetores, seguida da amostra P. Por outro lado, as amostras A, B foram as menos preferidas.

A maior aceitação da amostra C pode ser atribuída, de acordo com os resultados obtidos, pela presença mais acentuada de pontos de queijo, sabor natural de queijo, além de apresentar sal equilibrado, aspecto macio, miolo oco, com relação ao aspecto murcho, os resultados mostraram que este não influenciou negativamente a aceitação da formulação C.

A menor preferência pelas amostras A e B, por sua vez, pode ser atribuída às características de pouco sal, rachadura, pesado, sabor de queijo artificial e borrachento.

3.3.5.2 Análise de fatores paralelos (PARAFAC)

O mapa de preferência interno multidimensional obtido por meio da análise de fatores paralelos (PARAFAC) torna possível analisar simultaneamente as interações entre a preferência dos consumidores, levando em conta os diferentes atributos avaliados para cada produto, o que pode facilitar a seleção de amostras favoritas (NUNES; PINHEIRO; BASTOS, 2011). No Gráfico 8 observa-se o mapa de preferência interno multidimensional, no qual os quadrados representam as amostras dos pães de queijo provenientes das pré-misturas comerciais e da formulação padrão; os vetores azuis são os consumidores e os vetores pretos, os atributos avaliados.

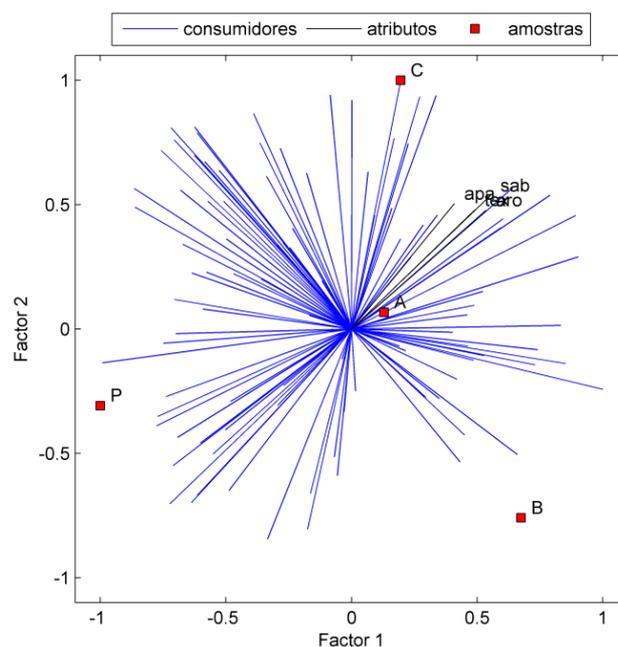


Gráfico 8 Mapa de preferência interno multidimensional (PARAFAC) para os atributos de aparência, aroma, sabor e textura, obtidos para as amostras de pães de queijo

O modelo do PARAFAC apresentou correlação de 99,2% e explicou 45,0% da variância dos dados. Segundo Bro e Kiers (2003), um valor de correlação acima de 90% pode ser interpretado como um modelo adequado, enquanto um valor de 50% é indicativo de um modelo problemático. O valor apropriado é aquele que fornece o maior número de fatores com uma correlação que indica um modelo válido.

Observando-se a distribuição dos vetores azuis no Gráfico 8, que representam os consumidores, os pães de queijo provenientes das amostras C, A e P foram os preferidos. Verifica-se também que a amostra C foi a que obteve maiores notas de aceitação em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e textura.

O mapa de preferência multidimensional corrobora o observado no mapa de preferência externo, no que diz respeito à preferência dos consumidores pela amostra C.

Os pães de queijo da marca B foram obtidos da pré-mistura mais completa testada, necessitando apenas da adição de água e ovos. Já as outras marcas, além destes ingredientes, precisam também do acréscimo de queijo. Assim, a amostra B pode ser considerada a mais prática e conveniente, entretanto, deixa a desejar em certos aspectos sensoriais.

3.4 Formulação aproximada das pré-misturas para pão de queijo comerciais

Foi possível estimar, de maneira aproximada, as quantidades de alguns ingredientes presentes nas formulações das pré-misturas comerciais para pão de queijo. Para isso, foi necessária a interpretação dos resultados obtidos, principalmente das análises de extrato etéreo, proteína, amido e lactose das formulações, relacionando-os com os ingredientes listados nos rótulos das

mesmas e a composição química desses ingredientes disponível na literatura. Foram realizados vários cálculos para se chegar às porcentagens aproximadas, as quais foram calculadas considerando a mistura total, já adicionada de ovos e queijo, uma vez que a pré-mistura a ser otimizada no capítulo 3 será totalmente em pó, necessitando apenas de água para a obtenção da massa.

A amostra A apresentou cerca de 10% de sua composição em gordura vegetal hidrogenada e aproximadamente 42% de amido. Quanto ao queijo, somando-se a quantidade já presente e a quantidade a ser adicionada, a pré-mistura apresentou cerca de 25% desse componente. Os dois ovos representaram 7% da mistura total.

Com relação à amostra C, esta apresentou teor de gordura vegetal hidrogenada próximo aos 6%. A quantidade encontrada de leite em pó desnatado foi de 2,5% a 4%, com um teor de amido de aproximadamente 55%. Como essa pré-mistura não apresentava queijo na formulação comercializada, a quantidade de queijo adicionado representou cerca de 30%. Os dois ovos que deveriam ser adicionados representaram 6% da mistura total.

Não foi possível determinar, de maneira objetiva, as quantidades dos componentes presentes na formulação B, em virtude de sua complexidade e do número de ingredientes presentes nessa pré-mistura.

4 CONCLUSÃO

É possível determinar, de maneira aproximada, a quantidade de alguns ingredientes presentes nas formulações de pré-misturas comerciais.

As quantidades, determinadas neste estudo, dos diversos componentes presentes nas formulações servem de referência para a etapa da otimização da formulação da pré-mistura para pão de queijo, que será abordada no próximo capítulo.

REFERÊNCIAS

- AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.
- APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Análises físico-químicas de pré-misturas de pães de queijo e produção de pães de queijo com adição de *okara*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1416-1422, 2007a.
- _____. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, 2007b.
- ARES, G. et al. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, Manhattan, v. 25, n. 2, p. 67-86, Apr. 2010.
- ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. **Características de fubá extrusado**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 3 p. (Comunicado Técnico, 98).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analylis**. 15th ed. Washington, 1990. 1298 p.
- _____. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists**. 17th ed. Gaithersburg, 2000. v. 1, 1170 p.
- BECKER, A.; HILL, S. E.; MITCHELL, J. R. Milling: a further parameter affecting the Rapid Visco Analyser (RVA) profile. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 78, n. 2, p. 166-172, 2001.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003. 238 p.
- BRO, R.; KIERS, H. A. L. A new efficient method for determining the number of components in PARAFAC models. **Journal of Chemometrics**, Greenville, v. 17, n. 5, p. 274-286, May 2003.

CÁRDENAS, O. S.; BUCKLE, T. S. Sour cassava starch 105d105duction: a preliminary study. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 1509-1512, Dec. 1980.

CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. Effect of sucrose on starch conversion and glass transition of nonexpanded maize and wheat extrudates. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 78, n. 3, p. 342-348, 2001.

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

FAYE, P. et al. An alternative to external preference mapping based on consumer perceptive mapping. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 17, n. 7/8, p. 604-614, Oct./Dec. 2006.

FERREIRA, D. F. **Sisvar sistema de análises de variância para dados balanceados**: programa de análises estatísticas e planejamentos de experimentos. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010. Software.

FONTES, E. A. F.; FONTE, P. R. **Microscopia de alimentos**: fundamentos teóricos. Viçosa, MG: UFV, 2005. 151 p.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 224 p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, 1).

GARCIA, V. et al. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 49, n. 5, p. 171-179, 1997.

GONZÁLEZ, F. H. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 72 p.

GREENHOFF, K.; MACFIE, H. J. H. Preference mapping in practice. In: MACFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. (Ed.). **Measurement of food preferences**. New York: Aspen, 1999. p. 137-166.

GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: EDUSP, 1972. 469 p.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Tokyo, 1998. 57 p.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman & Hall, 1998. 819 p.

LEONEL, M. et al. Extração e caracterização de amido de jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 362-365, 2003.

MACFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. **Measurement of food preferences**. London: Chapman & Hall, 1994. 301 p.

MACHADO, A. V.; ARAÚJO, F. M. M. C. de; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades microscópicas e de cristalinidade do polvilho azedo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 169-174, 2010.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, mar./abr. 2010.

MACRAE, R. **Food science and technology**: a series of monographys: HPLC in food analysis. New York: Academic, 1998. 77 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALISKA, A. M. (Org.). **Microscopia eletrônica de varredura**. Florianópolis: UFSC, 2011. Apostila. Disponível em: <http://www.materiais.ufsc.br/lcm/web-MEV/MEV_Apostila.pdf>. Acesso em: 20 set. 2011.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: UFSC, 2007. 101 p.

MCMASTERS, M. M. Microscopic techniques for determining starch granule properties. In: WHISTLER, R. L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1964. v. 4, p. 233-239.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. New York: CRC, 1999. 281 p.

MINIM, V. P. R. et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2000.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods:** marketing and R&D approaches. Westport: Food and Nutrition, 1983. 605 p.

NABUCO, A. C.; MORETTI, B. R.; PENNA, A. L. B. Avaliação do perfil de tirosina e triptofano durante a maturação do queijo tipo Prato. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 59, n. 339, p. 360-363, 2004.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal of Sensory Studies**, Manhattan, v. 26, n. 2, p. 167-174, Apr. 2011.

PANDEY, A. et al. Biotechnological potencial of agro-industrial residues: II., cassava bagasse. **Bioresource Technology**, New York, v. 74, n. 1, p. 81-87, Jan. 2000.

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

PEREIRA, J. et al. Comparação entre a composição química determinada e a declarada na embalagem de diferentes marcas de pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 623-628, maio/jun. 2005.

_____. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, 2004.

PIMENTEL, E. F. et al. Avaliação da rotulagem e da qualidade físico-química e microbiológica de queijo ralado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 289-294, set./dez. 2002.

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 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

PORTNOI, P. A.; MACDONALD, A. Determination of the lactose and galactose content of cheese for use in the galactosaemia diet. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, Preston, v. 22, n. 5, p. 400-408, Oct. 2009.

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.

SILVA, R. P. G. **Efeito do congelamento nas características químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais no pão de queijo.** 2005. 103 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

VILAS-BOAS, E. V. de B. **Alimentos e nutrientes.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 68 p.

_____. **Avaliação nutricional dos alimentos.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 53 p.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. G. Tecnologia de produção e industrialização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 69-73, 1987.

WAKELING, I. N.; MACFIE, J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 299-308, Aug. 1995.

CAPÍTULO 3

OTIMIZAÇÃO DE UMA FORMULAÇÃO DE PRÉ-MISTURA PARA PÃO DE QUEIJO

RESUMO

As características de qualidade de produtos alimentícios são fortemente dependentes da proporção individual de cada ingrediente presente em suas formulações. O uso de delineamentos de mistura e suas análises correspondentes são importantes no desenvolvimento e na otimização desses produtos. Com o presente trabalho objetivou-se a otimização de uma formulação de pré-mistura para pão de queijo que necessitasse apenas de água para a obtenção da massa, pronta para ser assada. Com base em um estudo preliminar de pré-misturas comerciais para pão de queijo e de formulações elaboradas em laboratório e também de pré-testes, foram escolhidos os ingredientes para compor a pré-mistura otimizada, sendo eles: amido de mandioca pré-gelatinizado, fécula de mandioca, polvilho azedo, queijo em pó, gordura vegetal em pó, ovo integral desidratado, leite em pó desnatado e sal refinado. Para a otimização, empregou-se o delineamento de misturas. Dos oito componentes, os quatro primeiros foram estabelecidos como as variáveis independentes e os quatro restantes tiveram suas porcentagens fixas. Os pães de queijo provenientes das formulações de pré-mistura, por meio de análises físicas como volume, volume específico, densidade, índice de expansão e força de compressão e de análise sensorial, através do teste de aceitação, tiveram avaliado o efeito de cada ingrediente na qualidade do produto final. Foi empregada a otimização simultânea de várias respostas descrita por Derringer e Suich (1980), considerando-se tanto a qualidade tecnológica do pão de queijo produzido com pré-misturas quanto à qualidade sensorial, avaliada pelos consumidores. Dessa forma, determinou-se um valor ótimo para cada um dos componentes em estudo.

Palavras-chave: Delineamento de misturas. Otimização simultânea. Avaliação sensorial

ABSTRACT

The quality characteristics of food products are strongly dependent on the individual proportion of each ingredient present in the formulation. Use of mixture designs and their correspondent analyses are important in the development and optimization of those products. Through the present work, it was aimed at the optimization of a pre-mixture formulation for cheese bread which needed only water for obtaining the dough, ready to be baked. On the basis of a previous study of commercial pre-mixtures for cheese bread and of laboratory-made formulations and also of pre-tests, were chosen the ingredients to compose the optimized pre-mixture, that is: pre-gelatinized cassava starch, cassava, starch film, sour cassava starch, cheese powder, vegetable fat powder, dehydrated whole egg, skimmed milk powder and refined salt. For the optimization, the mixture design was utilized. Out of the eight components, the four first ones were established as the independent variables and the four others had their percentages fixed. The cheese breads coming from the pre-mixture formulations by means of physical analyses such as specific volume, density, expansion index and compression force and of the sensorial analysis through the acceptance test, had the effect of each ingredient upon the quality of the final product evaluated. The simultaneous optimization of several responses reported by Derringer and Suich (1980), taking into consideration both the technological quality of the cheese bread produced through the pre-mixtures and the sensorial quality evaluated by consumers. In that way, an optimum value for each of the components under study was determined.

Key words: Mixture design. Simultaneous optimization. Sensorial evaluation

1 INTRODUÇÃO

A necessidade crescente da otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempo, maximizando rendimentos, produtividade e qualidade de produtos, dentre outros objetivos, tem levado profissionais de diferentes formações a buscarem técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos (RODRIGUES; IEMMA, 2005). Nesse contexto, experimentos com misturas permitem reduções significativas no tempo e nos custos de desenvolvimento de formulações, além da obtenção de resultados robustos e confiáveis (PASA; RIBEIRO, 1998).

Os produtos alimentícios são misturas mais ou menos complexas, cujas propriedades devem ser reconhecidas e apreciadas pelos consumidores. Ao desenvolver um novo produto, os técnicos precisam levar em conta suas propriedades químicas, composicionais, estruturais e texturais, que são determinantes na aceitação do produto pelo mercado (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2003). As características de qualidade de produtos alimentícios são fortemente dependentes da proporção individual de cada ingrediente presente em suas formulações. O uso de delineamentos de mistura e suas análises correspondentes são importantes no desenvolvimento e otimização desses produtos (DINGSTAD; WESTAD; NÆS, 2004).

Sendo assim, o pão de queijo pode ser considerado uma mistura bastante complexa de vários ingredientes, entre os quais se podem citar polvilho azedo e/ou polvilho doce e/ou fécula de mandioca, queijo, ovo, leite. A proporção e a interação desses ingredientes na formulação irão influenciar a qualidade do produto final, bem como a sua aceitação por parte dos consumidores. As pré-misturas para pão de queijo, por sua vez, vem sendo muito utilizadas, tanto pelo público doméstico como em padarias, pela sua conveniência e praticidade. Porém, as pré-misturas para pão de queijo atualmente comercializadas

necessitam da adição de ingredientes, como ovos e queijo, para a obtenção da massa, para posterior forneamento.

Nesta pesquisa objetivou-se otimizar uma formulação de pré-mistura para pão de queijo totalmente em pó que necessitasse apenas da adição de água para a obtenção da massa, por meio de análises de qualidade tecnológica e sensorial, empregando-se modelagem de mistura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ingredientes utilizados na otimização

Com base nos resultados apresentados no capítulo 2, os ingredientes escolhidos para serem utilizados na composição das formulações das pré-misturas nesta etapa de otimização foram: polvilho azedo, fécula de mandioca, amido de mandioca pré-gelatinizado, queijo em pó, leite em pó desnatado, gordura vegetal em pó, ovo integral desidratado e sal refinado.

Cada tipo de ingrediente pertencia a um mesmo lote, tendo sido adquiridos no comércio varejista da cidade de Lavras, MG e também por meio de doações de empresas especializadas. Os ingredientes e suas respectivas marcas são listados a seguir:

- a) polvilho azedo (Amafil, Cianorte, PR);
- b) fécula de mandioca (Amafil, Cianorte, PR);
- c) amido de mandioca pré-gelatinizado T11/113 (Gemacom Tech, Juiz de Fora, MG);
- d) queijo em pó sabor parmesão Chees-Treme SQ 5453 (Kerry, Três Corações, MG);
- e) leite em pó desnatado (Itambé, Belo Horizonte, MG);
- f) gordura vegetal em pó Beatreme 22784 (Kerry, Três Corações, MG);
- g) ovo integral desidratado (Aviário Santo Antônio, Nepomuceno, MG);
- h) sal refinado iodado (Cisne, Cabo Frio, RJ).

2.2 Delineamento experimental

Para a realização da otimização foi empregado delineamento de misturas (CORNELL, 2002).

De todos os ingredientes utilizados na formulação para produção das pré-misturas, foram estabelecidos como variáveis independentes o polvilho azedo, a fécula de mandioca, o amido de mandioca pré-gelatinizado e o queijo em pó.

Os demais ingredientes tiveram suas porcentagens fixas em cada formulação de acordo com a Tabela 1, pois foi possível determinar, de maneira aproximada, a quantidade desses componentes nas pré-misturas comerciais estudadas no capítulo 2 por meio das análises anteriormente realizadas e também com o auxílio de pré-testes.

Tabela 1 Componentes fixos nas formulações das pré-misturas para pão de queijo com suas respectivas quantidades

Ingredientes	Quantidade (%)
Gordura vegetal em pó	20,00
Ovo em pó	6,25
Leite em pó	3,30
Sal	1,00

Na produção de pães de queijo é necessária a presença de todos os componentes da formulação, para que se tenha um produto aceitável. Sendo assim, foi preciso estabelecer limites inferiores e superiores, ou seja, restrições, para as porcentagens de cada variável independente, de acordo com a Tabela 2, reduzindo-se, dessa forma, o domínio experimental. Esses limites foram determinados por meio de pré-testes.

Tabela 2 Limites inferiores e superiores para cada variável independente das pré-misturas para pão de queijo

Variável independente	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
Polvilho azedo	35	50
Fécula de mandioca	0	10
Amido mandioca pré-gel.	1	7
Queijo em pó	15	25

A formulação completa da pré-mistura para pão de queijo foi composta por oito ingredientes, incluindo os componentes fixos e variáveis, representando, portanto, 100%. Entretanto, os componentes estudados foram somente as quantidades de polvilho azedo, fécula de mandioca, amido de mandioca pré-gelatinizado e queijo em pó. Excluindo-se os ingredientes com quantidades fixas, que somavam 30,55% da mistura total (Tabela 1), restaram, então, 69,45% para os componentes variáveis.

Nos experimentos com misturas, a soma das proporções dos diversos componentes deve ser sempre igual a 100%. Para atender a esta regra, foi necessário recalculas as quantidades mínimas e máximas dos componentes variáveis a serem empregados nas formulações, para que os 69,45% em estudo representassem, então, 100%. Os valores recalculados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Limites inferiores e superiores recalculados para cada variável independente das formulações de pré-mistura para pão de queijo

Variável independente	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
Polvilho azedo	50,40	72,00
Fécula de mandioca	0,00	14,40
Amido mandioca pré-gel	1,44	10,08
Queijo em pó	21,60	36,00

O planejamento com os valores recalculados de cada componente variável (variável independente), cuja soma é igual a 100%, é apresentado na Tabela 4. Os pontos estudados foram os vértices, os pontos centrais em cada face e o ponto central geral, resultando em 21 tratamentos.

Tabela 4 Planejamento para estudo das formulações da pré-mistura para pão de queijo (valores recalculados)

Formulações	Ingredientes (%)			
	Amido pré-gel (X_1)	Fécula de mandioca (X_2)	Polvilho Azedo (X_3)	Queijo em pó (X_4)
1 V	1,44	14,40	50,40	33,76
2 V	10,08	14,40	50,40	25,12
3 V	1,44	0,00	72,00	26,56
4 V	10,08	0,00	68,32	21,60
5 V	6,40	0,00	72,00	21,60
6 V	1,44	14,40	62,56	21,60
7 V	1,44	4,96	72,00	21,60
8 V	10,08	14,40	53,92	21,60
9 V	1,44	12,16	50,40	36,00
10 V	1,44	0,00	62,56	36,00
11 V	10,08	3,52	50,40	36,00
12 V	10,08	0,00	53,92	36,00
13 C(2)	5,89	0,00	65,76	28,35
14 C(2)	1,44	7,65	61,65	29,25
15 C(2)	10,08	6,46	55,39	28,06
16 C(2)	5,76	14,40	54,32	25,52
17 C(2)	5,76	11,12	50,40	32,72
18 C(2)	3,09	1,65	72,00	23,25
19 C(2)	5,89	6,75	65,76	21,60
20 C(2)	5,76	3,92	54,32	36,00
21 C(3)	5,45	6,52	59,91	28,12

2.3 Obtenção das pré-misturas

Para a obtenção das pré-misturas foram utilizados os ingredientes já citados (Figura 1), nas quantidades apresentadas na Tabela 5, cuja soma é igual a 100%, considerando todos os ingredientes utilizados, e não somente as variáveis independentes. Todos os ingredientes foram pesados em balança semianalítica, modelo BL3200H (Shimadzu, Kyoto, Japão).



Figura 1 Ingredientes utilizados para a obtenção das formulações de pré-mistura para pão de queijo e uma das pré-misturas obtidas

Tabela 5 Quantidades de todos os ingredientes empregados nas formulações de pré-mistura

Formu- lações	Ingredientes (%)							
	Amido pré-gel	Fécula mand.	Polvilho azedo	Queijo em pó	Gordura em pó	Leite em pó	Ovo em pó	Sal
1 V	1,00	10,00	35,00	23,45	20,00	3,30	6,25	1,00
2 V	7,00	10,00	35,00	17,45	20,00	3,30	6,25	1,00
3 V	1,00	0,00	50,00	18,45	20,00	3,30	6,25	1,00
4 V	7,00	0,00	47,45	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
5 V	4,44	0,00	50,00	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
6 V	1,00	10,00	43,45	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
7 V	1,00	3,44	50,00	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
8 V	7,00	10,00	37,45	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
9 V	1,00	8,45	35,00	25,00	20,00	3,30	6,25	1,00
10 V	1,00	0,00	43,45	25,00	20,00	3,30	6,25	1,00
11 V	7,00	2,44	35,00	25,00	20,00	3,30	6,25	1,00
12 V	7,00	0,00	37,45	25,00	20,00	3,30	6,25	1,00
13 C(2)	4,09	0,00	45,67	19,69	20,00	3,30	6,25	1,00
14 C(2)	1,00	5,32	42,82	20,32	20,00	3,30	6,25	1,00
15 C(2)	7,00	4,49	38,47	19,49	20,00	3,30	6,25	1,00
16 C(2)	4,00	10,00	37,73	17,72	20,00	3,30	6,25	1,00
17 C(2)	4,00	7,72	35,00	22,72	20,00	3,30	6,25	1,00
18 C(2)	2,15	1,15	50,00	16,15	20,00	3,30	6,25	1,00
19 C(2)	4,09	4,69	45,67	15,00	20,00	3,30	6,25	1,00
20 C(2)	4,00	2,72	37,73	25,00	20,00	3,30	6,25	1,00
21 C(3)	3,79	4,53	41,61	19,53	20,00	3,30	6,25	1,00

As formulações, contendo todos os ingredientes, nas devidas proporções, foram homogeneizadas em agitador/homogeneizador em “V” TE 200/10 (Tecnal, Piracicaba, Brasil) (Figura 2), por um período de 15 minutos, a 30 rpm.



Figura 2 Agitador/homogeneizador em “V” (Tecnal, TE 200/10, Brasil)

Logo após o período de homogeneização, as formulações foram pesadas em balança semianalítica, modelo BL3200H (Shimadzu, Kyoto, Japão), na quantidade de 400 g cada, embaladas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade, seladas termicamente em seladora manual (Rbaião, Ubá, Brasil) (Figura 3). No fluxograma apresentado na Figura 4, estão demonstradas todas as etapas para fabricação das pré-misturas.

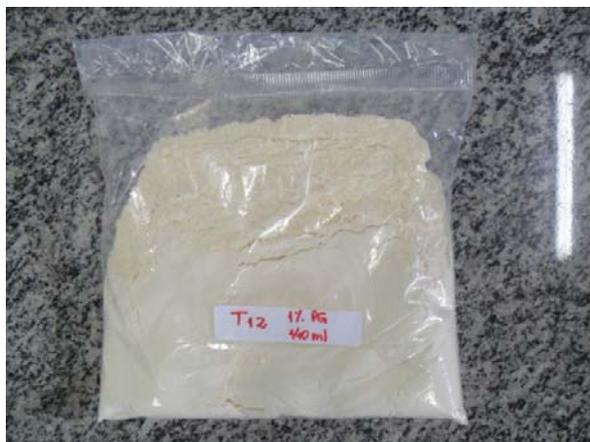


Figura 3 Pré-mistura para pão de queijo homogeneizada, embalada e identificada

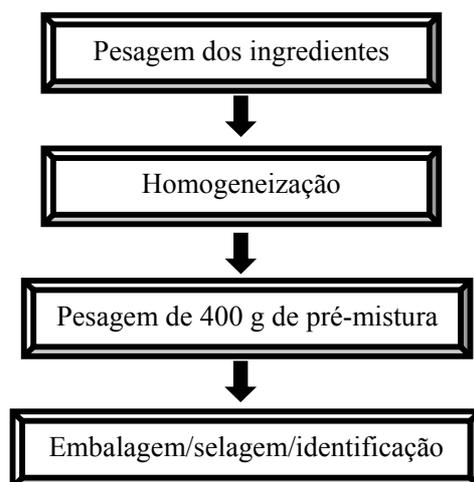


Figura 4 Fluxograma de fabricação das pré-misturas para pão de queijo

2.4 Obtenção dos pães de queijo provenientes das pré-misturas

A produção dos pães de queijo ocorreu no dia seguinte à fabricação das pré-misturas. Para a obtenção das massas, adicionou-se água à temperatura ambiente, nas quantidades estabelecidas em pré-testes (Tabela 6).

Os grânulos de amido exibem capacidade limitada de absorção de água fria, que atinge até 30% do seu peso seco. Com o aquecimento do sistema essa capacidade aumenta, causando transição irreversível, denominada gelatinização (ASQUIERI, 1990).

Os amidos pré-gelatinizados, por outro lado, apresentam-se parcialmente ou totalmente solúveis em água fria. Sendo assim, foi necessário ajustar a quantidade de água de acordo com a quantidade empregada de amido de mandioca pré-gelatinizado em cada formulação, uma vez que, ao aumentar a sua quantidade, mais água era absorvida.

Tabela 6 Quantidade de água empregada de acordo com porcentagem de amido pré-gelatinizado em cada formulação

Amido pré-gelatinizado (%)	Quantidade de água (ml)
1	140
3,79 a 4,44	160
7	180

As pré-misturas adicionadas de água foram batidas em batedeira planetária, modelo BPA350W (Arno, São Paulo, Brasil), na velocidade máxima, por 3 minutos.

Após a retirada da massa da batedeira, a mesma foi moldada, com o auxílio de tubos de PVC de 3 cm de altura e 3 cm de diâmetro. O acabamento da moldagem foi realizado manualmente para que os pães de queijo adquirissem formato esférico. Os pães de queijo foram assados em forno elétrico, modelo E1125 (Prática Technicook, Pouso Alegre, Brasil), a 170°C, por 8 minutos.

No fluxograma apresentado na Figura 5, estão demonstradas todas as etapas para fabricação dos pães de queijo provenientes das pré-misturas.

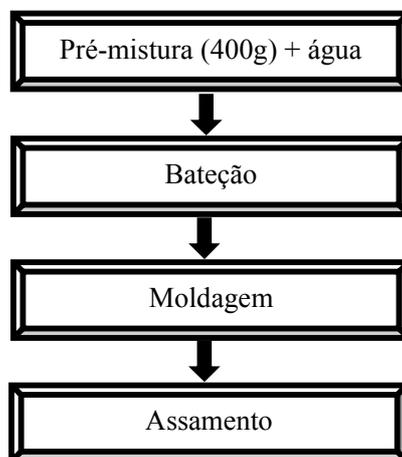


Figura 5 Fluxograma de fabricação dos pães de queijo provenientes das pré-misturas

2.5 Análises físicas de qualidade tecnológica

2.5.1 Volume dos pães de queijo

O volume dos pães de queijo foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço (GRISWOLD, 1972). Os valores de volume dos pães de queijo foram obtidos a partir da média aritmética de três repetições, sendo cada repetição analisada em triplicata.

2.5.2 Volume específico dos pães de queijo

O volume específico foi calculado pela relação volume/massa. Os valores de volume específico dos pães de queijo foram obtidos a partir da média aritmética de três repetições, sendo cada repetição analisada em triplicata.

2.5.3 Densidade dos pães de queijo

A densidade dos pães de queijo foi calculada pela relação massa/volume. Os valores de densidade dos pães de queijo foram obtidos a partir da média aritmética de três repetições, sendo cada repetição analisada em triplicata.

2.5.4 Expansão dos pães de queijo

A determinação da expansão dos pães de queijo foi realizada segundo Pereira (2001). O diâmetro e a altura da massa dos pães de queijo foram determinados por meio de um paquímetro digital (Digimess 150 mm/6, China) e seu peso foi determinado em balança analítica, modelo 0079247 (Denver Instrument Company, Nova York, EUA). Os mesmos dados foram mensurados nos pães de queijo assados. O índice de expansão (IE) foi calculado da seguinte forma:

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

2.5.5 Força de compressão dos pães de queijo

Para determinar a força de compressão dos pães de queijo assados foi utilizado o analisador de textura TAXT2i (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra). Como sonda, foi empregado o pistão da célula de Ottawa, (PEREIRA, 2001). Todos os dados obtidos foram analisados utilizando *software* Exponent Lite Express (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra).

A temperatura de análise foi de, aproximadamente, 25°C e os parâmetros de configuração do aparelho foram: (i) velocidade de teste = 2,0 mm/s; (ii) velocidade de pré-teste = 2,0 mm/s; (iii) velocidade de pós-teste = 10,0 mm/s; (iv) distância de compressão = 50,0% de deformação. Os valores dos parâmetros de textura dos pães de queijo foram obtidos a partir da média aritmética de três repetições, sendo cada repetição analisada em triplicata.

2.6 Análise sensorial

2.6.1 Teste de aceitação

O teste de aceitação foi realizado em cabines individuais no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Quarenta consumidores, de ambos os sexos, com idades variando de 15 a 60 anos, foram convidados a realizar o teste. Os participantes eram consumidores regulares de pão de queijo. As 21 amostras de pão de queijo provenientes das formulações de pré-mistura foram servidas em cinco sessões, na forma balanceada para minimizar o efeito da ordem de apresentação e o efeito que uma amostra exerce na avaliação da próxima (WALKELING; MACFIE, 1995), seguindo o delineamento em blocos completos. Todos os provadores participaram de todas as sessões. As amostras foram servidas na temperatura em que são consumidas, em recipientes plásticos, inodoros, codificados com números aleatórios de três dígitos. Durante o teste havia água para lavar o palato.

Os pães de queijo foram avaliados quanto à aceitação em relação aos atributos de aparência, aroma, sabor, textura, impressão global utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando entre os termos hedônicos “gostei extremamente” (escore 9) a “desgostei extremamente” (escore 1) e também

quanto à intenção de compra por meio de escala de cinco pontos, variando entre os termos “certamente compraria” (escore 5) a “certamente não compraria” (escore 1).

A ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitação é apresentada na Figura 6.

Avaliação sensorial de pão de queijo																																																												
Nome: _____			Data: _____																																																									
Sexo: () Feminino () Masculino																																																												
Frequência de consumo de pão de queijo: () 1 vez ao mês; () 2 vezes ao mês; () 1 vez por semana; () 2 vezes por semana; () todos os dias																																																												
Faixa etária: () 15 a 30 anos; () 31 a 45 anos; () 45 a 60 anos; () mais que 60 anos																																																												
Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e avalie, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência, do aroma, do sabor, da textura e da impressão global de cada uma delas. Lave a boca com água entre uma amostra e outra.																																																												
9 – Gostei extremamente	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº amostra</th> <th>Aparência</th> <th>Aroma</th> <th>Sabor</th> <th>Textura</th> <th>Impressão global</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Nº amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global																																																					
Nº amostra		Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global																																																						
8 – Gostei muito																																																												
7 – Gostei moderadamente																																																												
6 – Gostei ligeiramente																																																												
5 – Nem gostei/nem desgostei																																																												
4 – Desgostei ligeiramente																																																												
3 – Desgostei moderadamente																																																												
2 – Desgostei muito																																																												
1 – Desgostei extremamente																																																												
Comentários: _____																																																												
Agora avalie, de acordo com a escala abaixo, a intenção de compra dos pães de queijo provenientes de pré-misturas.																																																												
5 – Certamente compraria	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº amostra</th> <th>Intenção de compra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Nº amostra	Intenção de compra																																																									
Nº amostra		Intenção de compra																																																										
4 – Provavelmente compraria																																																												
3 – Tenho dúvidas se compraria																																																												
2 – Provavelmente não compraria																																																												
1 – Certamente não compraria																																																												

Figura 6 Ficha de avaliação sensorial utilizada para o teste de aceitação de pão de queijo

2.7 Análises estatísticas

Para cada variável dependente das análises físicas (volume, volume específico, densidade, índice de expansão, textura instrumental) e da análise sensorial (aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção compra) foi ajustado um modelo de regressão, tendo como variáveis independentes as percentagens de amido de mandioca pré-gelatinizado, fécula de mandioca, polvilho azedo e queijo em pó. Inicialmente, considerou-se o modelo quadrático de superfície de resposta dado por:

$$Y = \sum_{i=1}^4 \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j,$$

em que Y é a variável dependente, β_i e β_{ij} são os parâmetros a serem estimados, X_i refere-se à percentagem da i -ésima variável independente, com $i = 1, 2, 3, 4$, sendo X_1, X_2, X_3 e X_4 as percentagens de amido de mandioca pré-gelatinizado, fécula de mandioca, polvilho azedo e queijo em pó, respectivamente, conforme definições apresentadas por Cornell (2002).

Na seleção dos melhores modelos foi realizada a análise de variância, testando-se a significância de cada um dos parâmetros e da falta de ajustamento, além da avaliação do coeficiente de determinação (R^2). Foram considerados os melhores modelos aqueles que apresentaram falta de ajustamento não significativa, parâmetros significativamente diferentes de zero e R^2 maiores.

A otimização da formulação da pré-mistura para pão de queijo foi realizada por meio da otimização simultânea de várias respostas, por meio do conceito de desejabilidade (DERRINGER; SUICH, 1980).

Foram estabelecidos os valores de desejabilidade parcial para cada variável dependente. Esses valores estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 Valores mínimo, médio e máximo observados para cada variável dependente estudada com seus respectivos valores de desejabilidade

Variáveis dependentes	Valor mín.	Valor méd.	Valor máx.	Desej. mín.	Desej. méd.	Desej. máx.
Volume (cm³)	18,44	28,88	31,33	0,0	0,0	1,0
Volume específico (cm³/g)	1,17	1,60	2,03	0,0	0,0	1,0
Densidade (g/cm³)	0,49	0,67	0,86	1,0	0,0	0,0
Índice de expansão	1,07	1,18	1,3	0,0	0,0	1,0
Força de compressão (N)	18,74	32,48	46,22	1,0	0,0	0,0
Aparência	5,46	6,36	7,27	0,0	0,0	1,0
Aroma	6,05	6,54	7,02	0,0	0,0	1,0
Sabor	5,56	6,33	7,10	0,0	0,0	1,0
Textura	4,60	5,78	6,95	0,0	0,0	1,0
Impressão global	5,41	6,18	6,95	0,0	0,0	1,0
Intenção compra	2,56	3,19	3,83	0,0	0,0	1,0

Com relação às variáveis densidade e força de compressão, valores menores, mais baixos, são preferíveis aos maiores. Sendo assim, a desejabilidade igual a 1,0 foi atribuída aos valores mínimos observados para esses parâmetros. Para as demais variáveis, quanto maior seu valor, melhor é o resultado. Portanto, desejabilidade igual a 1,0 foi atribuída aos valores máximos observados.

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa computacional Statistica versão 8.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físicas de qualidade tecnológica

Um dos critérios de otimização da pré-mistura para pão de queijo foi a avaliação das características físicas dos pães de queijo produzidos a partir das diferentes formulações, relacionando-as com a qualidade tecnológica do produto final.

Os valores médios de volume, volume específico, densidade, índice de expansão e força compressão dos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 Valores médios¹ de volume, volume específico, densidade, índice de expansão e força de compressão dos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas

Formu- lações	Volume (cm³)	Volume específico (cm³/g)	Densidade (g/cm³)	Índice expansão	Força de compressão (N)
T1	19,11±1,89	1,24±0,05	0,80±0,04	1,07±0,04	38,70±0,40
T2	24,55±1,50	1,58±0,09	0,63±0,04	1,15±0,03	18,85±0,21
T3	23,89±0,51	1,52±0,15	0,68±0,03	1,14±0,03	35,89±0,64
T4	25,00±2,33	1,59±0,15	0,63±0,05	1,21±0,07	18,74±1,27
T5	25,55±1,84	1,72±0,05	0,58±0,02	1,20±0,01	20,20±0,45
T6	25,77±0,20	1,65±0,02	0,61±0,01	1,14±0,02	42,66±2,17
T7	25,66±0,34	1,73±0,07	0,59±0,02	1,19±0,05	33,68±0,23
T8	25,88±1,57	1,64±0,15	0,61±0,06	1,19±0,09	21,48±0,71
T9	20,00±1,73	1,31±0,06	0,76±0,04	1,14±0,07	46,23±0,30
T10	18,44±1,71	1,17±0,06	0,86±0,05	1,13±0,09	43,76±1,21
T11	20,77±1,02	1,30±0,11	0,77±0,06	1,16±0,14	24,71±0,34
T12	19,99±0,58	1,26±0,06	0,80±0,04	1,18±0,14	24,25±0,33

Tabela 8, conclusão

T13	22,44±1,17	1,48±0,03	0,67±0,02	1,30±0,12	19,25±0,30
T14	21,00±1,86	1,39±0,11	0,72±0,06	1,13±0,02	38,07±1,49
T15	22,33±1,20	1,44±0,11	0,69±0,06	1,14±0,02	19,29±1,74
T16	23,33±2,08	1,60±0,21	0,64±0,09	1,19±0,06	22,23±1,91
T17	25,66±1,89	1,67±0,10	0,61±0,09	1,13±0,04	30,60±1,64
T18	29,94±1,65	1,84±0,27	0,55±0,08	1,19±0,07	45,80±3,14
T19	31,33±1,41	2,03±0,10	0,49±0,04	1,22±0,05	22,50±0,25
T20	29,10±0,45	1,91±0,06	0,53±0,06	1,18±0,03	30,25±2,39
T21	26,88±1,24	1,79±0,10	0,57±0,07	1,18±0,03	30,59±1,72

¹Média de 3 repetições em triplicata ± desvio padrão

Os pães de queijo de melhor qualidade são aqueles que, entre outras características, possuem o maior índice de expansão (PEREIRA, 2001). Isso pode ser verificado também em relação ao volume e ao volume específico, pois maiores valores para estes parâmetros são os preferíveis. Com relação à densidade, segundo Pereira et al. (1999), menores valores (baixa densidade) constituem um parâmetro de qualidade dos pães de queijo, pois é desejável que eles sejam leves.

Dentre as formulações de pré-misturas estudadas, os pães de queijo dos tratamentos 18 e 19 apresentaram os maiores valores de volume, volume específico e índice de expansão e os menores de densidade.

Em relação à força de compressão, quanto menores os valores encontrados, mais macios podem ser considerados os pães de queijo. Os tratamentos T2, T4, T13 e T15 apresentaram os menores valores, entretanto, pouco acima do relatado por Machado e Pereira (2010), para o tratamento LCE (com escaldamento, utilizando uma mistura de leite, óleo e sal, adicionada ao polvilho azedo, seguida de mistura e posterior adição de ovo e depois de queijo), cujo valor foi de 16, 64 N.

As imagens dos pães de queijo provenientes dos vários tratamentos são apresentadas na Figura 7.



Figura 7 Pães de queijo provenientes das formulações de pré-mistura

Os pães de queijo provenientes de alguns tratamentos (T2, T4, T8, T11, T12, T15) apresentaram crostas mais lisas, principalmente aqueles que continham a quantidade máxima empregada de amido de mandioca pré-gelatinizado. Por outro lado, algumas amostras se mostraram com fortes rachaduras.

3.2 Análise sensorial

Outro critério adotado para otimizar a pré-mistura para pão de queijo foi a avaliação sensorial das amostras provenientes das diferentes formulações de pré-mistura.

As médias dos escores de aceitação dos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas em relação aos atributos aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra estão apresentadas na Tabela 9.

De forma geral, os pães de queijo foram bem aceitos pelos consumidores. O atributo com as menores médias de escores foi a textura. Por outro lado, a aparência, seguida do aroma, foi o atributo que recebeu as maiores médias de notas.

Tabela 9 Médias¹ dos escores de aceitação dos pães de queijo provenientes das formulações de pré-misturas em relação aos atributos aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra

Formu- lações	Atributos sensoriais					
	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção compra
T1	6,34	6,49	6,10	5,41	6,00	3,05
T2	7,22	6,56	6,56	6,56	6,76	3,83
T3	6,07	6,78	6,37	5,34	6,17	3,24
T4	6,54	6,93	6,71	6,95	6,80	3,80
T5	5,98	6,76	6,61	6,93	6,61	3,78
T6	5,46	6,05	5,56	4,71	5,49	2,56
T7	5,66	6,15	5,56	4,61	5,41	2,68
T8	6,80	7,02	6,85	6,56	6,78	3,73
T9	6,54	6,83	6,20	5,37	6,07	3,12
T10	6,02	6,59	6,00	5,27	5,95	3,00
T11	7,27	6,93	7,10	6,63	6,95	3,78

Tabela 9, conclusão

T12	7,12	7,00	6,71	5,83	6,63	3,59
T13	5,93	6,95	6,83	6,56	6,63	3,63
T14	5,78	6,46	5,95	5,10	5,54	2,76
T15	6,41	6,51	6,73	6,68	6,76	3,76
T16	6,49	7,00	6,54	6,63	6,49	3,68
T17	7,00	6,59	6,27	5,88	6,20	3,46
T18	5,95	6,56	5,83	4,95	5,63	2,71
T19	5,98	6,49	6,27	6,15	6,15	3,49
T20	6,66	6,80	6,34	5,76	6,32	3,44
T21	5,83	6,39	6,54	6,51	6,32	3,56

¹Média de 40 consumidores

A maior média de nota dos atributos aparência, sabor e impressão global foi encontrada para os pães de queijo provenientes do tratamento T11. Por outro lado, os tratamentos T12 e T16 obtiveram a maiores médias para o atributo aroma e o tratamento T4 para textura. Com relação à intenção de compra, o tratamento T2 foi o que recebeu a maior média.

3.3 Otimização da formulação de pré-mistura para pão de queijo por meio do delineamento de misturas

A otimização da formulação de pré-mistura envolveu o estudo de quatro componentes, amido de mandioca pré-gelatinizado, fécula de mandioca, polvilho azedo e queijo em pó, e a avaliação de seus efeitos nas variáveis dependentes estudadas.

Entretanto, somente para a representação gráfica das superfícies e para a demonstração dos comportamentos das variáveis dependentes em função das independentes, foi necessário que um dos componentes tivesse sua quantidade

fixa. Optou-se, então, por fixar o queijo em sua quantidade mínima (15%, considerando a mistura completa ou 21,6%, considerando apenas os quatro componentes em estudo), pelo fato de entender que as interações entre os demais ingredientes foram mais importantes e, além disso, que não houve grande variação no comportamento da superfície em função das proporções de queijo.

As estimativas dos coeficientes de regressão, em relação aos valores apresentados na Tabela 4, com efeitos significativos, para avaliação das variáveis dependentes das análises físicas (volume, volume específico, densidade, índice de expansão e textura instrumental) e da análise sensorial (aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra) e os respectivos coeficientes de determinação, são apresentados na Tabela 10.

Os coeficientes de determinação (R^2) explicaram entre 57% e 87% da variação total. A estimativa desse coeficiente diminuiu à medida que se retiraram alguns fatores. Porém, optou-se por simplificar o modelo, excluindo aqueles com efeitos não significativos. Sendo assim, para cada variável dependente estudada, um modelo de regressão foi ajustado.

Tabela 10 Coeficientes de regressão para avaliação das variáveis dependentes das análises físicas (volume, volume específico, densidade, índice de expansão e força de compressão) e da análise sensorial (aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra)

Análises físicas (qualidade tecnológica)											
Variáveis dependentes	Amido pré-gel	Fécula mandioca	Polvilho azedo	Queijo em nó	$X_1 * X_2$	$X_1 * X_3$	$X_1 * X_4$	$X_2 * X_3$	$X_2 * X_4$	$X_3 * X_4$	R ²
Volume	-18,9009	-3,4279	0,6923	2,2544	0,2927	0,2135	0,1847	0,0462	-	0,0470	0,79
Volume esp.	-1,4854	0,0175	0,0209	-0,0089	0,0176	0,0164	0,0181	-	-	-	0,73
Densidade	0,6066	0,0044	0,0041	0,0177	-0,0070	-0,0066	-0,0073	-	-	-	0,78
Índ.expansão	-0,1789	0,0097	0,0120	0,0090	0,0021	0,0022	0,0022	-	-	-	0,62
Força de compressão	-1,9645	0,4002	0,3059	0,6917	-	-	-	-	-	-	0,75
Análise sensorial											
Aparência	0,1448	0,2753	0,0460	0,0825	-	-	-	-0,0038	-	-	0,85
Aroma	0,0934	0,2363	0,0653	0,0662	-	-	-	-0,0034	-	-	0,57
Sabor	0,1475	0,1939	0,0580	0,0625	-	-	-	-0,0027	-	-	0,79
Textura	-0,5961	0,5379	-0,0147	-0,2304	-	0,0120	0,0087	-0,0063	-	0,0061	0,84
Imp. global	0,1743	0,0491	0,0515	0,0662	-	-	-	-	-	-	0,84
Int. compra	-0,1972	0,0084	0,0171	0,0535	0,0060	0,0052	-	-	-	-	0,87

Coeficientes significativamente diferentes de zero, a 5% de probabilidade

Com relação ao volume, somente a interação entre a fécula de mandioca e o queijo não foi significativa, todos os demais efeitos analisados influenciaram o volume. Verificou-se também um efeito linear negativo do amido de mandioca pré-gelatinizado e da fécula de mandioca nessa variável dependente.

Segundo Moorthy (1994), o amido pré-gelatinizado é usado no preparo de muitos alimentos instantâneos de cocção rápida e fácil digestão, como sopas, pudins, cremes, etc. Na indústria têxtil, de papel e papelão e lamas para perfuração de petróleo, o amido pré-gelatinizado também tem sido utilizado. Dentre todos os tipos de modificações que o amido pode sofrer, a pré-gelatinização tem importância especial na aplicação em pães de queijo (SANTOS, 2006).

A utilização do amido de mandioca pré-gelatinizado nas formulações de pré-misturas para pão de queijo teve como objetivo principal eliminar a etapa de escaldamento, muitas vezes necessária na fabricação de pães de queijo, deixando-as ainda mais práticas e convenientes. Santos (2006) também cita outras vantagens da utilização desse tipo de amido modificado: nele, a água, mesmo a frio, liga-se à sua estrutura, sendo necessária para a formação da pressão de vapor de água, resultando na expansão do pão de queijo durante o forneamento. Além disso, essa água ligada hidrata as proteínas do sistema, indispensáveis para o desenvolvimento da resistência da rede formada, prevenindo, assim, o colapso da estrutura do produto após o forneamento.

Foi possível observar que, ao aumentar a quantidade de amido de mandioca pré-gelatinizado, o volume das amostras tendeu a diminuir (Gráfico 1). No entanto, a não utilização desse ingrediente ou a sua utilização em quantidades muito baixas não produzem pães de queijo de boa qualidade tecnológica e sensorial, como pode ser verificado ao analisar os coeficientes da força de compressão e dos atributos sensoriais.

Foi observado um efeito positivo da quantidade de amido de mandioca pré-gelatinizado nos parâmetros sensoriais, como aparência (Gráfico 2), aroma, sabor e impressão global (Gráfico 3), e um efeito negativo da quantidade desse amido no parâmetro de força de compressão (Gráfico 4), sendo, neste caso, desejável, pois quanto menor a força máxima de compressão, mais macios podem ser considerados os pães de queijo.

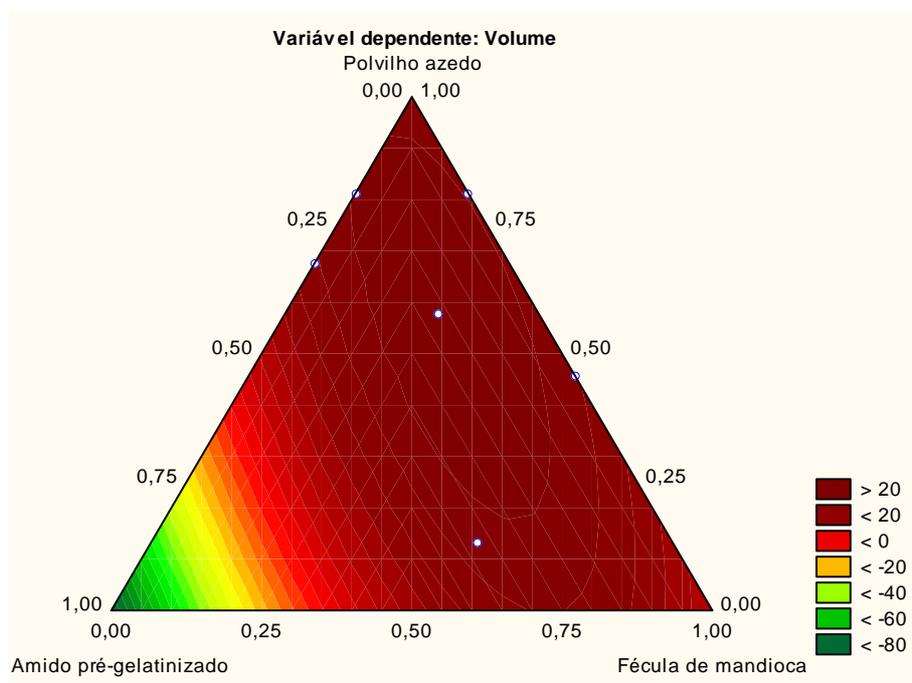


Gráfico 1 Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao volume dos pães de queijo, com queijo fixo em sua quantidade mínima

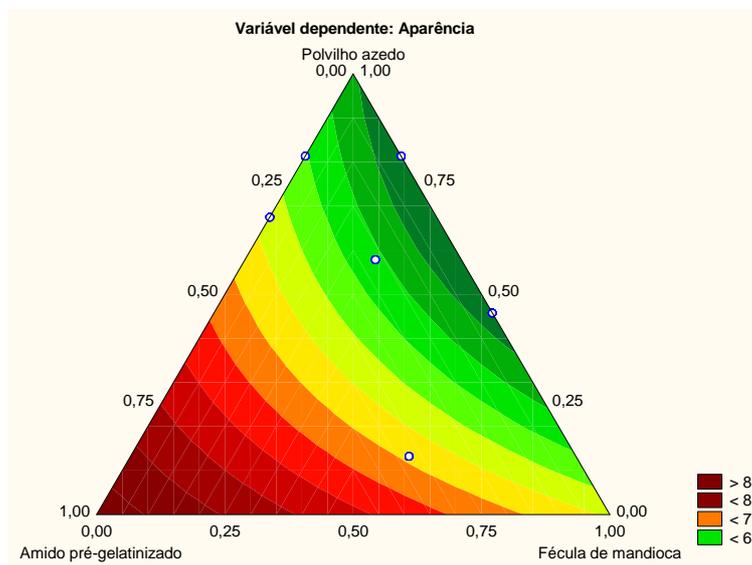


Gráfico 2 Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo à aparência dos pães de queijo, com queijo fixo em sua quantidade mínima

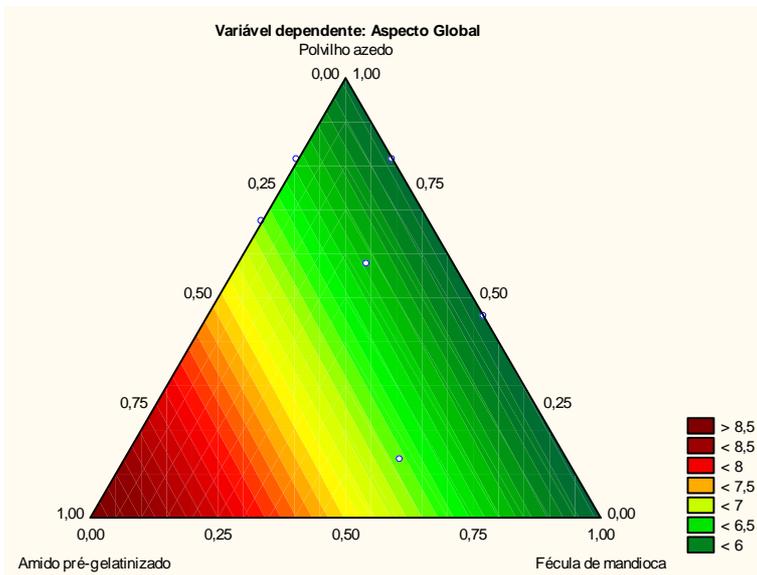


Gráfico 3 Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo à impressão global dos pães de queijo, com queijo fixo em sua quantidade mínima

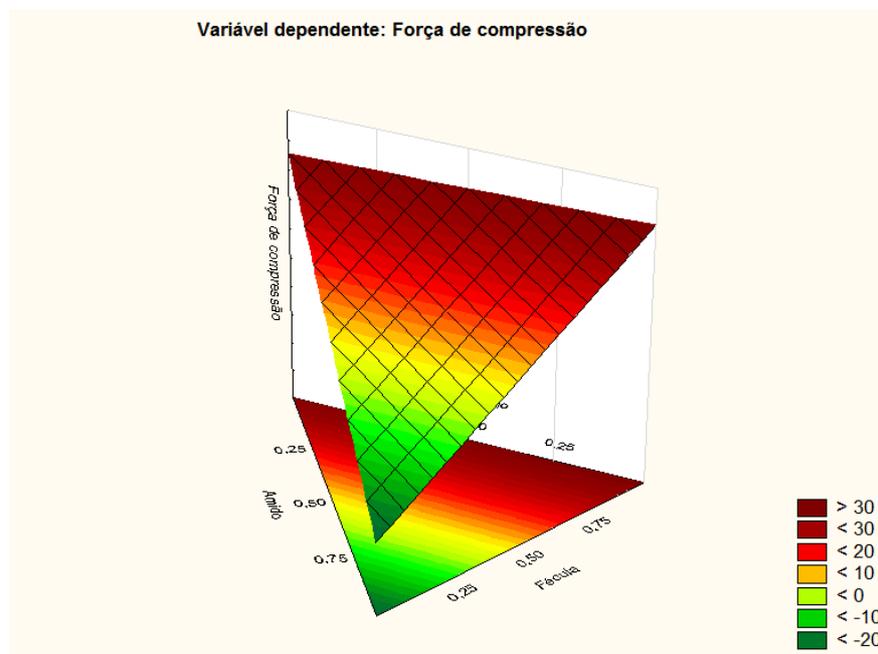


Gráfico 4 Superfície de resposta do modelo linear relativo à força de compressão dos pães de queijo, com queijo fixo em sua quantidade mínima

No que se refere à força de compressão, que está relacionada à dureza ou à firmeza dos pães de queijo, somente os efeitos lineares foram significativos.

Quanto ao volume específico, densidade e índice de expansão, os modelos ajustados apresentaram efeitos lineares significativos, bem como das interações entre o amido de mandioca pré-gelatinizado e os demais componentes, o que evidencia, mais uma vez, a importância deste ingrediente. No Gráfico 5 observa-se o efeito de cada componente na densidade dos pães de queijo. Como essa variável está relacionada ao volume, porém são inversamente proporcionais, também foi verificado que menores quantidades de amido pré-gelatinizado produzem pães de queijo com valores mais baixos de densidade, o que é desejável para esse parâmetro. De uma forma geral, as quantidades ideais

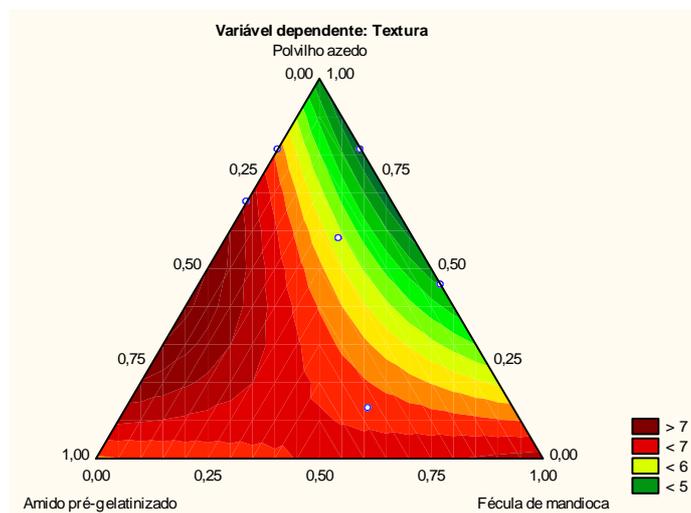


Gráfico 6 Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo à textura dos pães de queijo, com queijo fixo em sua quantidade mínima

Ao contrário do que se esperava, as interações entre os ingredientes empregados nas formulações de pré-mistura e o queijo não foram muito importantes. A interação entre o queijo e amido pré-gelatinizado foi significativa em cinco variáveis dependentes estudadas. Entretanto, a interação entre queijo e fécula foi significativa somente em duas variáveis, não apresentando efeitos significativos a interação entre o queijo e a fécula. Isso, possivelmente, devido ao fato de se tratar de queijo em pó. Este tipo de queijo não favorece, por exemplo, o aparecimento de pontos de queijo nos pães de queijo assados.

3.3.1 Otimização simultânea de várias respostas

Para a realização da otimização da pré-mistura para pão de queijo, levando em consideração tanto as variáveis dependentes das análises físicas (qualidade tecnológica) quanto a análise sensorial, ou seja, a opinião dos

consumidores, foi empregada a otimização simultânea de várias respostas, descrita por Derringer e Suich (1980).

Um procedimento simples de otimização simultânea de diversas respostas é o de sobreposição de mapas de contorno para as diferentes respostas e, apesar de ser um procedimento muitas vezes eficiente na busca de uma região com as condições desejadas, o procedimento de Derringer e Suich (1980) apresenta algumas vantagens. No procedimento de sobreposição são definidas regiões de valores aceitáveis para cada resposta e, dentro da região, todas as respostas são igualmente aceitáveis. Sabe-se, entretanto, que, dentro de cada uma das regiões, existem respostas mais aceitáveis do que outras. O procedimento de Derringer e Suich (1980) permite que o alvo e a maneira de se aproximar e afastar dele sejam selecionadas da maneira mais adequada às necessidades do pesquisador por meio da seleção dos pesos que são dados às diferentes respostas em torno do alvo, de tal maneira que o melhor compromisso entre as diferentes respostas possa ser obtido. Além disso, trata-se de uma maneira mais elegante de encontrar as condições desejadas, pois a busca é descrita matematicamente e completamente baseada na predição dos modelos construídos (BREITKREITZ, 2007).

Com base no procedimento descrito por Derringer e Suich (1980), foi possível determinar um valor ótimo para cada uma das variáveis independentes, ou seja, para os ingredientes em estudo da formulação de pré-mistura para pão de queijo. Estes valores ótimos encontram-se dentro das faixas estabelecidas para a otimização. Entretanto, pelo fato de se tratar de *know-how*, a formulação otimizada não será divulgada.

4 CONCLUSÃO

Por meio do delineamento de misturas, por meio da otimização simultânea de várias respostas descrita por Derringer e Suich (1980), é possível obter uma formulação ótima de pré-mistura para pão de queijo, em relação aos componentes em estudo polvilho azedo, fécula de mandioca, amido de mandioca pré-gelatinizado e queijo em pó.

Ressalta-se que, para a obtenção da massa proveniente dessa pré-mistura, é necessária apenas a adição de água, o que a torna prática e conveniente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de amplamente consumido, o pão de queijo ainda não possui padrões de identidade e qualidade, bem como método de fabricação padronizado. Com relação às pré-misturas, várias marcas são comercializadas, entretanto, até o momento pouco se sabia a respeito.

O presente trabalho possibilitou um estudo aprofundado de pré-misturas comerciais para pão de queijo, assunto ainda pouco abordado em pesquisa, além da otimização de uma formulação, considerando tanto a qualidade tecnológica quanto a sensorial do produto final obtido.

Verifica-se, ainda, a necessidade de estudos relacionados à caracterização dos pães de queijo obtidos da formulação ótima, à avaliação do seu custo de produção, ao efeito do congelamento nas massas provenientes da pré-mistura, bem como à estabilidade da formulação ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ASQUIERI, E. R. **Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas**. 1990. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.
- BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 401 p.
- BREITKREITZ, M. C. **Otimização simultânea de variáveis de processo e mistura em cromatografia líquida de alta eficiência**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- CORNELL, J. **Experiments with mixtures**. New York: Wiley, 2002. 649 p.
- DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 12, n. 4, p. 214-219, Oct. 1980.
- DINGSTAD, G. I.; WESTAD, F.; NÆS, T. Three case studies illustrating the properties of ordinary and partial least squares regression in different mixture models. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, Berlin, v. 71, n. 1, p. 33-45, 2004.
- GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: EDUSP, 1972. 469 p.
- MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, mar./abr. 2010.
- MOORTHY, S. N. **Tuber crop starches**. Thiruvananthapuram: Central Tuber Crops Research Institute, 1994. 40 p. (Technical Bulletin Series, 18).
- PASA, G. S.; RIBEIRO, J. L. D. Otimização de uma formulação com o emprego de projetos de experimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: ENEGEP, 1998. 1 CD-ROM.

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

PEREIRA, J. et al. 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.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326 p.

SANTOS, J. R. U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose**. 2006. 279 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

WAKELING, I. N.; MACFIE, J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 299-308, Aug. 1995.