

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA  
MUCILAGEM DE INHAME (*Dioscorea* spp.)  
COMO EMULSIFICANTE EM  
PÃES DE FORMA**

**SANDRA APARECIDA TAVARES**

**2009**

**SANDRA APARECIDA TAVARES**

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA MUCILAGEM DE INHAME  
(*Dioscorea spp.*) COMO EMULSIFICANTE EM PÃES DE FORMA**

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  
Prof<sup>ª</sup>. Joelma Pereira.

LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2009

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

Tavares, Sandra Aparecida.

Caracterização e utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea*  
spp.) como emulsificante em pães de forma / Sandra Aparecida Tavares.  
– Lavras : UFLA, 2009.

102p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Joelma Pereira.

Bibliografia.

1. Textura. 2. Emulsificante. 3. Pão de forma. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.7523

**SANDRA APARECIDA TAVARES**

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA MUCILAGEM DE INHAME  
(*Dioscorea spp.*) COMO EMULSIFICANTE EM PÃES DE FORMA**

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 10 de julho de 2009

Prof. Mário César Guerreiro

UFLA

Prof<sup>ª</sup>. Ana Carla Marques Pinheiro

UFLA

Prof<sup>ª</sup>. Joelma Pereira  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL

A Deus, por ter chegado aonde cheguei, pois sem a sua presença nada disso  
seria possível.

Aos meus pais, Maria Izabel e Luiz Ademar, pela educação que me deram e a  
confiança que sempre depositaram em mim.

Aos meus irmãos Adriana, Luiz e Marcelo, pelo incentivo e companheirismo.

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

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

Ao Moinho Sul Mineiro, pelas doações de farinhas de trigo e por ceder suas instalações para a realização de parte deste experimento.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, por ceder suas instalações e equipamentos para a realização das análises RVA e DSC.

À professora Dr<sup>a</sup>. Joelma Pereira, pela confiança e ensinamentos.

A CAPES e CNPq, pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Carlos José Pimenta, pelas orientações e ensinamentos.

Ao professor Dr. Mário César Guerreiro, pelas orientações e apoio.

À professora Dr<sup>a</sup>. Roberta Hilsdorf Piccoli, pelos ensinamentos e orientações nas análises microbiológicas.

Ao professor Dr. Luiz Roberto Batista, pelas sugestões e orientações nas questões microbiológicas.

À professora Ana Carla, pela ajuda e orientação nas análises sensoriais.

Aos funcionários da UFLA: Rafaela, Luc, Helo, Sr. Piano e Sr. Miguel, pelo bom convívio e amizade e, especialmente, às laboratoristas Tina, Sandra, Tânia e Cleuza, pela atenção, orientação e amizade.

A toda a equipe do Moinho Sul Mineiro: Antônio Augusto, Edna, Cinthia, Evandro, José Luiz e Silvana, pelo apoio, disponibilidade e amizade.

As minhas estagiárias Lucinéia e Simone, pela grande ajuda na execução do experimento.

Aos meus amigos de laboratório que ajudaram no projeto: Janyelle, Fausto, Natanielli, Elizandra, Ivína, Anderson, Giselle, Leciticia, Camila, Helo, pela amizade, apoio e colaboração.

Aos amigos de UFLA: Adriana, Danilo, Márcia, Emanuelle, Felipe, Maira, Johnson e Alessandra, pela colaboração e incentivo.

Às amigas de minha república BEIJOMELIGA, Pâmela, Camila, Débora, Mariana e Hiara, pela torcida e paciência. E às amigas da antiga república Fabiane, Camila, Thais, Andressa e Vivi, pelo incentivo e convivência.

Em especial a minha família que é o meu alicerce para tudo nesta vida.

A Deus, por permitir-me usufruir de tudo isso.

*A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.*

*Muito Obrigada.*

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Pão.....	3
2.2 Pão de forma.....	5
2.3 Emulsificantes.....	9
2.3.1 Estearoil-2-lactil-lactato de sódio – SSL.....	11
2.3.2 Estearoil-2-lactil-lactato de cálcio – CSL.....	12
2.3.3 Diacetil tartarato de mono e diglicerídeos – DATEM.....	13
2.3.4 Monoglicerídeos – GMS.....	14
2.3.5 Lecitina de soja– LEC.....	16
2.3.6 Emulsificantes naturais.....	18
2.4 Inhame ( <i>Dioscorea</i> spp.).....	19
2.4.1 Mucilagem de inhame ( <i>Dioscorea</i> spp.).....	21
2.5 Análises utilizadas para caracterização da mucilagem.....	23
2.5.1 Análise de viscosidade aparente de pasta – RVA.....	23
2.5.2 Espectroscopia na região do infravermelho.....	24
2.5.3 Métodos térmicos.....	25
2.5.3.1 Análise Termogravimétrica (TG).....	26
2.5.3.2 Análise Térmica Diferencial (DTA).....	27
2.5.3.3 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC).....	29

3 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1 Obtenção da mucilagem do inhame .....	32
3.2 Obtenção da mucilagem liofilizada .....	33
3.3 Caracterização físico-química, química, reológica e termoquímica da mucilagem de inhame liofilizada .....	34
3.3.1 Rendimento da mucilagem de inhame liofilizada.....	34
3.3.2 Umidade.....	34
3.3.3 Extrato etéreo .....	34
3.3.4 Proteína bruta.....	35
3.3.5 Cinzas .....	35
3.3.6 Fibra alimentar.....	35
3.3.7 Fração glicídica (extrato não nitrogenado) .....	36
3.3.8 Valor calórico .....	36
3.3.9 pH .....	36
3.3.10 Acidez titulável.....	37
3.3.11 Minerais .....	37
3.3.12 Açúcares totais.....	38
3.3.13 Amido .....	38
3.3.14 Polifenóis .....	38
3.3.15 Pectinametilesterase.....	39
3.3.16 Poligalacturonase.....	39
3.3.17 Vitamina C total.....	40
3.3.18 Viscosidade relativa.....	41
3.3.19 Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR).....	41
3.3.20 Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG).....	41
3.3.21 Calorimetria diferencial de varredura (DSC).....	42
3.4 Produção dos pães de forma .....	42
3.5 Análises físico-químicas dos pães de forma.....	45

3.5.1 Volume .....	46
3.5.2 Densidade absoluta .....	46
3.5.3 Textura .....	46
3.5.4 Umidade.....	47
3.5.5 pH .....	47
3.5.6 Acidez titulável .....	48
3.5.7 Análise de cor .....	48
3.5.8 Análise sensorial .....	49
3.5.9 Avaliação da qualidade dos pães de forma .....	50
3.6 Qualidade dos pães de forma durante o armazenamento .....	50
3.6.1 Análise microbiológica .....	51
3.6.2 Atividade de água .....	51
3.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
4.1 Rendimento da mucilagem de inhame liofilizada.....	54
4.2 Caracterização da mucilagem de inhame liofilizada.....	54
4.2.1 Viscosidade aparente de pasta .....	58
4.2.2 Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR).....	59
4.2.3 Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG).....	61
4.2.4 Calorimetria diferencial de varredura (DSC).....	62
4.3 Análises físico-químicas dos pães de forma .....	63
4.3.1 Análise de cor .....	67
4.3.2 Análise sensorial .....	70
4.3.2.1 Mapa de preferência interno de aceitação quanto a impressão global .....	71
4.3.2.2 Mapa de preferência interno de aceitação quanto à intenção de compra .....	73
4.3.2.3 Mapa de coordenadas de atributos de aceitação .....	74

4.3.3 Qualidade tecnológica dos pães de forma.....	76
4.4 Qualidade dos pães de forma durante o armazenamento .....	80
4.4.1 Análise microbiológica .....	81
4.4.2 Umidade.....	83
4.4.3 Atividade de água .....	83
4.4.4 pH .....	84
4.4.5 Acidez titulável .....	84
4.4.6 Textura .....	84
4.4.7 Cor .....	85
4.4.8 Análise Sensorial .....	86
5 CONCLUSÕES .....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
ANEXOS .....	100

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
TABELA 1 Classificação dos principais emulsificantes utilizados em produtos panificáveis.....	18
TABELA 2 Formulação dos pães de forma.....	43
TABELA 3 Valores médios de umidade (U), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), cinzas (C), fibra alimentar (FA) e fração glicídica (FG) e valor calórico (VC) em g 100g <sup>-1</sup> de base seca (bs) da mucilagem de inhame liofilizada.....	55
TABELA 4 Valores médios, em matéria integral, dos macro-minerais e dos micro-minerais da mucilagem de inhame liofilizada.....	57
TABELA 5 Valores médios* de volume (cm <sup>3</sup> ), peso (g), densidade e textura (N) dos pães de forma acrescidos de emulsificantes.....	63
TABELA 6 Valores médios* de umidade, pH e acidez titulável (mEq NaOH 100g <sup>-1</sup> ) dos pães de forma produzidos com adição de diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e com emulsificantes comerciais.....	65
TABELA 7 Valores médios* da diferença de cor dos pães de forma, em relação à cor da crosta, cor do miolo e cor do lastro em pães de forma produzidos com adição de diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e com emulsificantes comerciais .....	67
TABELA 8 Notas de aceitação* dos atributos sabor, textura, aparência interna e aparência externa dos pães de forma .....	70
TABELA 9 Características de qualidade tecnológica dos pães de forma* com a adição de emulsificantes .....	76
TABELA 10 Valor das notas e das médias das características internas dos pães de forma acrescidos de emulsificantes .....	78

TABELA 11	Valor das notas e das médias* do aroma e do gosto dos pães de forma crescidos de emulsificantes.....	79
TABELA 12	Valores médios das notas da avaliação global da qualidade tecnológica dos pães de forma crescidos de emulsificantes.....	80
TABELA 13	Resultados de coliformes 35°C e 45°C, <i>Salmonella</i> sp., <i>Bacillus cereus</i> e de fungos e leveduras no pão de forma de acordo com os dias de estocagem.....	81
TABELA 14	Valores médios* de atividade de água em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento .....	83
TABELA 15	Valores médios* de acidez titulável em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento .....	84
TABELA 16	Valores médios* de textura em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento .....	85

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 1 Estrutura química do estearoil-2-lactil-lactato de sódio.....	12
FIGURA 2 Estrutura química do estearoil-2-lactil-lactato de cálcio.....	13
FIGURA 3 Estrutura química do diacetil tartarato de mono e diglicerídeos. ....	14
FIGURA 4 Estrutura química do monoglicerídeo. ....	15
FIGURA 5 Estrutura química da lecitina de soja. ....	17
FIGURA 6 Tubérculo inhame ( <i>Dioscorea</i> spp.).....	20
FIGURA 7 Diagrama esquemático do compartimento da amostra na análise DTA. Em que A: amostra a ser analisada, R: material referência e $\Delta T$ : diferença de temperatura. ....	28
FIGURA 8 Extração da mucilagem de inhame ( <i>Dioscorea</i> spp.).....	33
FIGURA 9 Fluxograma de produção dos pães de forma.....	44
FIGURA 10 Pães de forma formulados com diferentes emulsificantes: MIL 0,5% (A); MIL 1% (B); MIL 1,5% (C); MIL 2% (D); SSL (E); CSL (F); DATEM (G); GMS (H); LEC (I).....	45
FIGURA 11 Amilograma da mucilagem de inhame liofilizada em RVA. ....	59
FIGURA 12 Espectros FTIR da mucilagem de inhame liofilizada. ....	60
FIGURA 13 Comportamento da mucilagem de inhame liofilizada sob análise térmica diferencial e termogravimétrica. ....	61
FIGURA 14 Comportamento da mucilagem de inhame liofilizada sob a calorimetria diferencial de varredura. ....	62

FIGURA 15	Valores de cor L, a* e b* da crosta dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais. ....	68
FIGURA 16	Valores de cor L, a* e b* do miolo dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais. ....	69
FIGURA 17	Valores de cor L, a* e b* do lastro dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais. ....	69
FIGURA 18	Mapa de Preferência Interno para as amostras de pães de forma adicionados de emulsificantes em relação à impressão global.....	72
FIGURA 19	Mapa de Preferência Interno para as amostras de pães de forma adicionados de emulsificante em relação à intenção de compra. ....	73
FIGURA 20	Coordenadas de atributo de aceitação. ....	75
FIGURA 21	Pão de forma acrescido de 1% de mucilagem de inhame liofilizada apresentando contaminação fúngica. ....	82

## RESUMO

TAVARES, Sandra Aparecida. **Caracterização e utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea spp.*) como emulsificante em pães de forma.** 2009. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

O setor de panificação sempre esteve em busca por desenvolvimento de novas tecnologias, a fim de melhorar produtos. Uma das formas de promover essa melhoria, sem perda de qualidade nutricional, é fazendo uso de aditivos e dentre eles se encontram os emulsificantes. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a mucilagem de inhame liofilizada (MIL) e comparar o seu potencial como agente emulsificante em relação aos emulsificantes comerciais comumente utilizados nas formulações de pão de forma. Para realização do experimento utilizou-se nove tratamentos, sendo quatro concentrações (0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0%) de MIL e cinco emulsificantes comerciais estearoil-2-lactil lactato de sódio, estearoil-2-lactil lactato de cálcio, diacetil tartarato de mono e diglicerídeos, monoglicerídeos e lecitina de soja. Para caracterização da MIL foram determinadas composição centesimal, valor calórico, pH, acidez titulável, minerais, vitamina C, açúcares totais, polifenóis, pectinametilesterase, poligalacturonase, termogravimetria, análise térmica diferencial, calorimetria diferencial exploratória, espectroscopia na região do infravermelho e viscosidade. As análises dos pães forma foram umidade, pH, acidez titulável, cor, volume, textura, sensorial e qualidade do pão. Foi realizada a análise de qualidade dos pães de forma durante o armazenamento. A mucilagem apresentou, em seus resultados, alto teor de proteína, fibra alimentar, amido e minerais. Em relação ao seu comportamento nas análises térmicas, mas especificamente análise termogravimétrica, a mucilagem de inhame demonstrou maior perda de massa, cerca de 60% à temperatura média de 200°C, o que inviabiliza o seu uso acima desta temperatura. Os pães de forma adicionados de MIL apresentaram resultados para características sensoriais tão bons quantos os pães de forma adicionados de emulsificantes comerciais. Na qualidade tecnológica, a maioria dos pães acrescidos de MIL e os pães acrescidos de emulsificantes comerciais obtiveram atributos de qualidade com conceitos satisfatórios, o que viabiliza a utilização da mucilagem. Dentre as concentrações de MIL adicionadas aos pães de forma, a percentagem mais apropriada para ser adicionada como emulsificante natural foi de 1%, sendo que, para esta concentração, foi realizada a vida de prateleira desse novo produto. Atividade de água, textura e acidez titulável dos pães de forma com 1% de MIL se alteraram

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Joelma Pereira – UFLA (Orientadora); Mário César Guerreiro – UFLA; Carlos José Pimenta – UFLA.

durante o armazenamento. Para armazenamento seguro, os pães de forma adicionados de 1% de MIL podem ser estocados por até três dias, sob condições ambientes.

## ABSTRACT

TAVARES, Sandra Aparecida. **Characterization and use of mucilage of yam (*Dioscorea spp.*) as emulsifier in loaf bread**. 2009. 102 p. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

The bread making sector has always been in search for the development of new technologies, in order to improve products. One of the ways of promoting that improvement without loss of nutritional quality is in the use of additives, among which are the emulsifiers. The objective of this work was to characterize the lyophilized yam mucilage (LYM) and to compare its potential as an emulsifying agent in relation to the commercial emulsifiers commonly used in loaf bread formulations. For the conduction of the experiment nine treatments was used, four being concentrations (0.5%, 1.0%, 1.5% and 2.0%) of LYM and five of commercial emulsifiers stearyl-2-lactyl sodium lactate, stearyl-2-lactyl calcium lactate, diacetyl tartrate of mono and diglycerides, monoglyceride and soybean lecithin. For characterization of the LYM the centesimal composition, caloric value, pH, titratable acidity, minerals, vitamin C, total sugars, polyphenols, pectinmethylesterase, polygalacturonase, thermogravimetry differential thermal analysis, exploratory differential calorimetry, infrared spectroscopy and viscosity were determined. The analyses of the breads were: humidity, pH, titratable acidity, color, volume, texture, sensorial and quality. Quality analyses of the loaf breads during the storage were conducted. The mucilage results presented high protein, dietary fiber, starch and mineral levels. In relation to its behavior regarding the thermal analyses, specifically the thermogravimetric analysis, the yam mucilage demonstrates higher mass loss, about 60%, at the average temperature of 200°C, which makes its use above this temperature unfeasible. The loaf breads with added LYM presented results for sensorial characteristics as good as many of the loaf breads with added commercial emulsifiers. In the technological quality, for most of the breads with added LYM and the breads with added commercial emulsifiers obtained quality attributes with satisfactory grades, which makes the use of the mucilage possible. Among the concentrations of LYM added to the loaf breads, the most appropriate percentage to be added as natural emulsifier was of 1% and for this concentration the shelf life of that new product was carried out. Water activity, texture and titratable acidity of the loaf breads with 1% LYM were altered during storage. For safe storage, the loaf breads with 1% added LYM can be stocked for up to three days, under ambient conditions.

---

<sup>1</sup> Orientation committee: Joelma Pereira – UFLA (Advisor); Mário César Guerreiro – UFLA; Carlos José Pimenta – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O Setor de Panificação no Brasil está em franca expansão em todo país. Esse mercado está, cada vez mais, despertando interesse de instituições públicas ligadas à pesquisa e empresas particulares do setor de panificação. Tais órgãos buscam desenvolver novas tecnologias a fim de inovar e aprimorar equipamentos, produtos, processos de produção, conservação de alimentos e, ao mesmo tempo, manter ou melhorar as características físico-químicas, sensoriais e nutricionais, proporcionando o máximo de vida de prateleira e evitando quaisquer interações indesejáveis no produto.

Uma das formas de se melhorar o produto sem a perda da qualidade nutricional do mesmo é fazendo uso de aditivos. Dentre eles, encontram-se os emulsificantes, responsáveis principalmente pela melhoria da textura dos pães de forma, por proporcionar facilidade de manipulação das massas, incremento no volume e aumento da vida de prateleira.

Há no mercado diversos tipos de emulsificantes comerciais, mas poucos desses emulsificantes são naturais. Cada vez mais, os produtos naturais vêm se destacando, pois nos últimos anos um maior número de pessoas está direcionando suas vidas a um estilo mais saudável, havendo, com isso, uma grande tendência por alimentos, ingredientes e aditivos naturais.

Em estudos anteriores verificou-se que a mucilagem de inhame liofilizada possui característica de emulsificante natural e que poderia ser utilizada em produtos panificáveis. Na busca de enriquecer tal pesquisa, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos específicos:

- Extrair a mucilagem do inhame;
- Obter a mucilagem liofilizada do inhame;
- Caracterizar a mucilagem de inhame liofilizada

- Comparar o potencial da mucilagem liofilizada do inhame como agente emulsificante em relação aos emulsificantes comerciais comumente utilizados em formulação de pão de forma;
- Determinar as propriedades físico-químicas do pão de forma induzidas pela mucilagem do inhame;
- Determinar o tempo de vida de prateleira do pão de forma.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pão

A Associação Brasileira da Indústria de Panificação – ABIP (2009) registrou no ano de 2008 mais de 63.000 estabelecimentos comerciais no setor de panificação no país. Esses estabelecimentos atendem em média 40 milhões de clientes por dia (21,5% da população nacional), gerando mais de 700 mil empregos diretos e 1,5 milhão de empregos indiretos. Só no Estado de Minas Gerais, são mais de 5.455 estabelecimentos, empregando mais de 60 mil pessoas.

A participação do setor de panificação na indústria de produtos alimentares é de 36,2% e na indústria de transformação representa 7% do total. São Paulo é o estado que concentra o maior número de padarias no país (12.764), seguido pelo Rio de Janeiro (7.400), Rio Grande do Sul (6.058) e Minas Gerais (5.455). O consumo per capita de pães por ano no Brasil é de 33,5 Kg, ficando atrás de países como o Chile (93 Kg), Argentina (73 Kg) e Uruguai, (51 kg) (ABIP, 2009).

Tendo em vista este mercado em expansão é que algumas instituições públicas e empresas investem nesta área de pesquisa de tecnologia de produtos de panificação.

A panificação é, talvez, uma das artes culinárias mais antigas. A massa arredondada era cozida em cima de uma pedra colocada diretamente sobre o fogo. O resultado era um pão duro, de textura bem diferente da que conhecemos hoje. Dizem que a descoberta de que a massa de pão podia crescer aconteceu por mero acaso - um egípcio esquecido deixou um pouco de massa crua fora do fogo e, quando se lembrou e foi ver, ela tinha fermentado. E assim os egípcios foram os primeiros a assar pães com textura fina. Com o passar do tempo, os padeiros começaram a usar diferentes tipos de grãos para criar pães com diferentes

sabores. Com o grão de trigo fazia-se um pão superior, que se tornou muito popular (Nunes et al., 2006).

A evolução tecnológica do pão se deve fundamentalmente ao seu grande consumo. A sua importância na alimentação somente é reconhecida quando ocorre a falta do produto na mesa do consumidor, embora em algumas regiões do mundo tenha ocorrido uma retração no consumo (Quaglia, 1991).

Conforme a legislação brasileira, o pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada, ou não, preparada com farinha de trigo e, ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo também conter outros ingredientes (Brasil, 2006). Entretanto, outros componentes são adicionados em pequenas quantidades para melhorar as características da massa durante processamento e a qualidade do produto final. Estes componentes podem ser gorduras vegetais, açúcares, emulsificantes, agentes oxidantes e enzimas (Matuta, 2004).

Os aditivos são ingredientes menores que, mesmo empregados em pequena quantidade, produzem efeito visível. Esses compostos suplementares são utilizados como coadjuvantes para melhorar a qualidade do pão em seus aspectos nutritivos, sabor, aroma, volume, cor, maciez ou vida de prateleira (Germani, 2003).

O pão é um produto popular consumido na forma de lanches ou com refeições e apreciado devido à sua aparência, aroma, sabor, preço e disponibilidade. Seu mercado vem crescendo rapidamente e demanda a criação de novas plantas, maquinário, formulações e aditivos alimentícios seguros. Assim sendo, torna-se essencial o conhecimento das características sensoriais de um produto tão consumido, já que o melhoramento da qualidade do produto representa uma oportunidade de agregar valor de mercado (Battochio et al., 2006).

## **2.2 Pão de forma**

A ANVISA classifica como pão de forma ou para sanduíche: “o produto obtido pela cocção da massa em formas untadas com gordura, resultando em pão com casca fina, macia e grande quantidade de miolo”. Quanto às características sensoriais, o aspecto deve ser de massa cozida. O pão deve apresentar duas crostas, uma interior e outra mais consistente, bem aderente ao miolo. O miolo deve ser poroso, leve, homogêneo, elástico, não aderente aos dedos ao ser comprimido e não deve apresentar grumos duros, pontos negros, pardos ou avermelhados. A cor na parte externa deve ser amarelada, amarelo-pardacenta, ou de acordo com o tipo; o miolo deve ser de cor branca, branco-parda ou de acordo com o tipo. Cheiro e sabor devem ser próprios de pão (Brasil, 2006).

O pão de forma se tornou um produto muito presente na vida dos consumidores e ganhou um mercado significativo, principalmente devido à praticidade de seu uso. Porém, este tipo de produto fresco é facilmente perecível e muito sensível aos métodos de conservação, à estocagem e à distribuição, os quais afetam suas características mais atrativas, como sabor, aroma e aparência externa, responsáveis por sua aceitação pelos consumidores (Nazato, 1991). A alta atividade de água do pão de forma também contribui para seu curto período de comercialização (Gutkoski et al., 2005). Os pães, após alguns dias de fabricados, passam por transformações que alteram o sabor e modificam sua textura.

Essas modificações e transformações são percebidas pelos consumidores do produto, por isso é de fundamental relevância conhecer a opinião dos consumidores para as características principais dos pães de forma e uma das maneiras de avaliar esse comportamento é através da análise sensorial.

A qualidade sensorial de um alimento não é uma característica própria deste, mas sim o resultado da interação entre ele e o homem. A qualidade sensorial é função tanto dos estímulos procedentes dos alimentos como também

das condições fisiológicas e sociológicas dos indivíduos que avaliam, no contexto ambiental em que se localizam esse indivíduo e o próprio produto. Dessa maneira, pode-se perceber que a qualidade de um alimento varia de pessoa para pessoa, sendo ditada por uma vasta gama de fatores. Esses fatores envolvem características do alimento como aparência, sabor, textura, forma, métodos de preparo, custo de sazonalidade; também estão presentes as características do indivíduo associadas à idade, sexo, educação, renda, habilidades na cozinha, entre outras. Em termos ambientais, a qualidade sensorial de um alimento sofre influência do grau de urbanização em que está inserido o indivíduo, do ambiente de trabalho e da própria estação do ano em que se encontra o homem e se consome o alimento (Minin, 2006).

Outra análise também importante é a qualidade do pão. A qualidade do pão é, normalmente, avaliada levando em consideração as características externas e internas, aroma e gosto do pão. As características externas do pão usualmente avaliadas são: volume, cor da crosta, quebra, simetria e característica da crosta. As características internas da massa normalmente avaliadas são: características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura ou maciez (El-Dash, 1982).

Um pão de forma de boa qualidade deve ter um miolo fino, com células uniformes, macio e elástico, sem que tenha o aspecto de algodão. A modelagem tem uma influência muito grande sobre a estrutura do miolo, sobre seu aspecto, a sua finura e, de uma forma não desprezível, sobre a sensação quando da mastigação do pão e o sabor (Cavel, 1987).

O volume do pão é de grande importância na determinação da qualidade, pois é afetado por vários fatores ligados à qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha, e dos tratamentos usados durante o processamento (El-Dash, 1982).

A cor da crosta é afetada pelo conteúdo de açúcar, conteúdo de alfa e beta amilase e também pelas condições do processamento, como o tempo de fermentação e o tempo e a temperatura de cozimento. A cor do pão é função da reação não enzimática entre os açúcares redutores e os grupos amino primários durante o cozimento (El-Dash, 1982).

A quebra é a abertura das laterais superiores da massa que ocorre durante o *oven spring* ou “salto de forno”. Quando essa quebra se apresenta de maneira uniforme significa que a massa passou por um processo adequado de fermentação e por um forneamento com condições corretas (Pylar, 1988).

A simetria também é muito importante para a qualidade do pão. Quando uma massa não é simétrica indica manuseio e processamento inadequados. Se a massa for muito dura (baixo conteúdo de água), com mistura e fermentação inadequadas, atividade diastática insuficiente ou manuseio grosseiro provavelmente terá as laterais encolhidas e as extremidades pequenas (El-Dash, 1982).

Uma crosta considerada boa deve ser fina e não dura ou borrachenta. A presença de crosta grossa no pão é atribuída ao açúcar ou às enzimas amilases insuficientes, baixa umidade durante a fermentação e baixa temperatura do forno. A falta de gordura causa crosta dura e borrachenta (El-Dash, 1982).

O miolo deve ser macio, de cor branca (levemente creme) e sem estrias ou machas. A cor do miolo é grandemente influenciada pelos ingredientes, pela cor do endosperma do grão, pela extração da farinha e pela uniformidade e granulidade das células do miolo (El-Dash, 1982). A avaliação da cor do miolo deve ser realizada em superfícies recentemente cortadas, pois o miolo tende a escurecer após uma exposição prolongada (Pylar, 1988).

A qualidade da farinha e a fermentação são os fatores mais importantes que afetam a estrutura da célula do miolo, que inclui o tamanho, forma e natureza da parede da célula do miolo. O miolo do pão pode ter granulosidade

aberta (células grandes), fechada (células pequenas) ou combinação delas. As células podem ser redondas ou alongadas, sendo a última preferível (El-Dash, 1982).

A textura ou maciez é considerada, segundo Pylar (1998), como um dos atributos mais importantes para a qualidade, por estar relacionada com a frescura do pão, sendo influenciada pela granulidade ou estrutura das paredes do miolo. As células de paredes finas e uniformes quanto ao formato proporcionam uma textura de miolo macia, suave e elástica.

A dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto) e embalagem (Esteller, 2004).

O pão deve ter um aroma delicado e típico dos produtos de panificação, isento de odores estranhos tais como ranço, azedo, mofo ou outros (El-Dash, 1982).

O pão, usualmente, tem um gosto levemente doce e ácido, devendo ser isento de sabores remanescentes ou estranhos (El-Dash, 1982).

Um dos fatores que limita a vida de prateleira do pão é o envelhecimento que ocorre devido à retrogradação e que contribui para aumentar a firmeza do miolo, dando uma sensação de produto seco ao ser ingerido (Stauffer, 1994). Esse fator, aliado à necessidade de diminuir os custos operacionais e expandir o mercado, tem levado panificadores a exigirem novas tecnologias e o desenvolvimento de novos métodos de produção de massas (Báguena et al., 1991).

### **2.3 Emulsificantes**

A indústria de panificação moderna vem utilizando, já há muitos anos, uma série de aditivos alimentares, que são incorporados às formulações visando melhor qualidade dos produtos finais e também adequação aos processos de produção em larga escala. Dentre os aditivos alimentares utilizados em panificação, os emulsificantes constituem um grupo extremamente importante, pois são responsáveis por uma série de benefícios, que vão desde a maior facilidade de manipulação das massas até incrementos em volume e vida de prateleira dos produtos finais (Palma et al., 2009).

Os emulsificantes apresentam propriedades lipolíticas, reduzindo a tensão interfacial entre as fases que normalmente não se misturam (Matuda, 2004). Além disso, os emulsificantes apresentam a propriedade de agregar água e gorduras, formando, portanto, emulsões estáveis (Giese, 1996).

A propriedade do emulsificante de aumentar o volume do pão e prolongar o frescor da casca é comparável à adição de gordura na massa dos pães. Os emulsificantes são categorizados em duas classes: os que atuam na interação de proteínas, fortalecedores de massa que aumentam a habilidade do glúten de formar um filme que retém a produção de gás pela levedura, como por exemplo, o estearoil-2-lactil lactato de sódio (SSL) e o estearoil-2-lactil lactato de cálcio (CSL), desejados em massas congeladas, e os que formam complexos com o amido, favorecendo a maciez do miolo e prevenindo o envelhecimento, como por exemplo, os monoglicérides (GMS) (Matuda, 2004).

Os emulsificantes apresentam interação com as proteínas da farinha de trigo. Quando farinha e água são misturadas é obtida uma massa com propriedades de coesão, extensibilidade e elasticidade. Essa massa é formada principalmente de água e proteínas. Essas proteínas são hidratadas quando se adiciona a água à farinha. A mistura fornece a energia e a movimentação necessárias para que as cadeias protéicas entrem em contato uma com as outras e

estabeleçam ligações que formarão a estrutura de rede que é o glúten. A interação entre os emulsificantes e as proteínas formadoras do glúten é responsável por significativas melhoras na qualidade das massas e dos produtos de panificação. Dentre os muitos benefícios verificados com a utilização dos emulsificantes, pode-se citar a maior tolerância das massas à mistura e à fermentação, e o maior volume do produto final. A energia de ligação entre o emulsificante e as proteínas seria resultante de ligações entre sítios polares da proteína e do emulsificante. Como resultado destas ligações, a carga da superfície da proteína ficaria reduzida, simultaneamente reduzindo a repulsão eletrostática e permitindo maior agregação entre as moléculas de maior resistência da rede de glúten (Palma et al., 2009)

Há também os emulsificantes que atuam formando complexos com a amilose, fração linear do amido, reduzindo o escape de amilose para a água de cozimento durante o fenômeno da gelatinização. A amilose possui originalmente uma cadeia linear, entretanto, quando em contato com a água absorvida na gelatinização, adquire uma estrutura helicoidal típica. O emulsificante complexa a amilose através da penetração da cadeia lipofílica do emulsificante na estrutura helicoidal da amilose (Matuda, 2004).

Os emulsificantes mais comuns incluem o SSL, CSL, mono e diglicerídeos, lecitinas, ésteres de oligoglicerila, polisorbatos com aplicações em bolos, biscoitos, coberturas e numerosos produtos derivados do leite. Os emulsificantes apresentam valor calórico de 9 kcal/g. Por serem utilizados em pequenas quantidades, os emulsificantes promovem em uma redução no teor total de gordura (Institute of Food Technologists, 1998).

O SSL, CSL, ésteres de ácido diacetil tartárico de monodiglicerídeos (DATEM) e o polisorbato são os mais utilizados para o fortalecimento da massa, atuando na fermentação, no manuseio, no crescimento e no início do assamento, resultando em maiores volumes (Stampfli & Narseten, 1995).

### **2.3.1 Estearoil-2-lactil-lactato de sódio – SSL**

O SSL é constituído essencialmente por estearoil-2-lactil-lactato de sódio, tendo como agente fluidizante o carbonato de cálcio. Esse agente emulsificante é um condicionador de massa e fixador de textura, apresentando também atividade abrandadora de miolo (R MANUS Soluções em Alimentos, 2007a).

O SSL melhora consideravelmente a qualidade de massas, mesmo quando estas foram submetidas a três ciclos de congelamento/ descongelamento, assim como a tolerância das mesmas à variação da qualidade dos ingredientes, como a farinha, além disso, minimiza a redução do volume e da maciez de pães submetidos ao armazenamento prolongado (Davis, 1981).

O uso de 0,25% a 0,5% de SSL com base na quantidade de farinha aumenta a absorção de água da massa e sua tolerância à mistura. Essa adição à massa, no pão cozido, aumenta o volume final e melhora granulação e a textura do pão, favorecendo a resistência ao estocamento (El-Dash, 1982).

Este composto é menos complexo que o DATEM, embora o número de resíduos de ácido láctico seja variável, geralmente entre dois e cinco por molécula. O SSL é um sólido branco, tem um ponto fusão elevado e pode ser adicionado às massas em forma pulverulenta, isoladamente ou como parte de um componente condicionado da massa. Este agente é miscível com a gordura e, por conseguinte é um componente ideal para formulações com alto teor de gordura, incluindo pão de hambúrgueres e muffins (Cauvain & Young, 2002).

O modo ideal de utilizar SSL é condicionado em massa contendo pelo menos um componente gordo, juntamente com sal, açúcar e agentes para o tratamento da farinha (Cauvain & Young, 2002).

Abaixo, a Figura 1 apresenta a estrutura química do SSL.





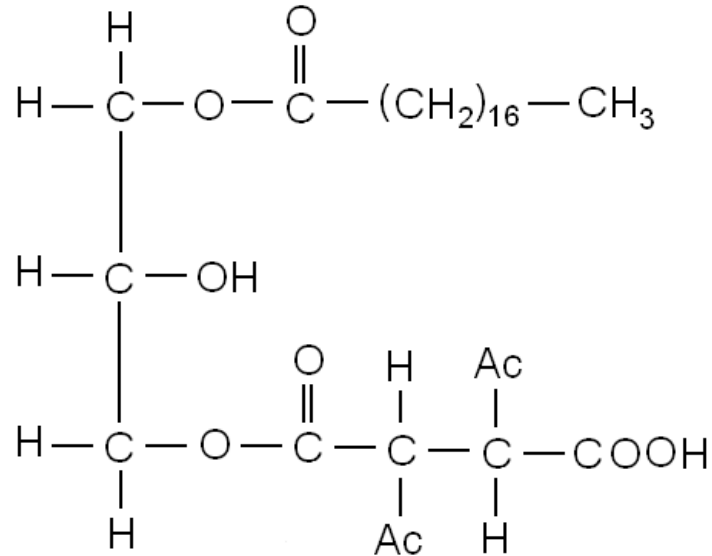


FIGURA 3 Estrutura química do diacetil tartarato de mono e diglicerídeos.

### 2.3.4 Monoglicerídeos – GMS

O GMS é um agente emulsificante composto por monoglicerídeos e diglicerídeos, obtido a partir de gorduras comestíveis, age como condicionador de massas, tornando-as mais tolerantes ao processo de panificação. Esses compostos são formados pela combinação do glicerol com ácidos graxos. Os monoglicerídeos comerciais são preparados a partir da transesterificação dos produtos da glicérolise dos óleos vegetais (El-Dash, 1982).

A estrutura química de um monoglicerídeo básico está mostrada abaixo (Figura 4).

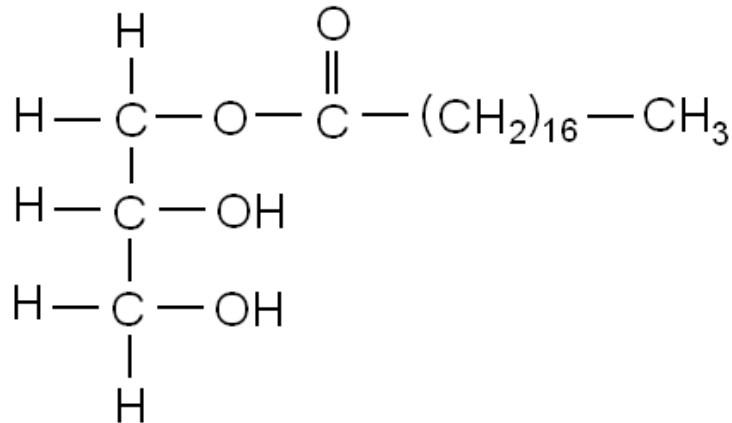


FIGURA 4 Estrutura química do monoglicerídeo.

O GMS tem uma parte de sua estrutura que é solúvel em água e a outra parte que é insolúvel (ácido graxo). Portanto ele pode se juntar à água e a outras gorduras ao mesmo tempo. Para facilitar, mostra-se o exemplo da mistura de uma parte de água e uma parte de gordura. Esses dois componentes naturalmente não se misturam. Porém, adicionando-se um monoglicerídeo, ele irá se associar à água e à gordura servindo de ligação entre eles. Essa combinação é estável e permanente. Tecnicamente define-se esta mistura de emulsão, e o monoglicerídeo é o emulsificante (Emulzint, 1985).

O GMS apresenta ponto de fusão relativamente elevado (55°C a 65°C), por isso tem que ser disperso em água para que se torne funcional e deve apresentar um bom estado cristalino (Cauvain & Young, 2002).

O GMS é utilizado como um componente amaciante apto a se ligar com a amilose. Essa ligação ocorre em altas temperaturas, típicas do forno. Quando se mistura com os outros componentes da formulação há um retardamento da retrogradação durante o resfriamento e armazenamento posterior, desta maneira, se tem certeza de que esta substância retarda o envelhecimento (Stampfli, 2002).

GMS são as substâncias emulsificantes mais empregadas nas indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos (Bornscheuer, 1995). No setor de panificação, são os principais amaciadores que se complexam com a amilose, dificultando a sua recristalização (retrogradação), que é a perda de água liberada neste processo (Stampfli & Nersten, 1995).

A adição de GMS, baseado no peso da farinha, fornece excelentes resultados na melhoria da qualidade do miolo do pão (El-Dash, 1982).

### **2.3.5 Lecitina de soja– LEC**

A lecitina, um derivado da soja, é constituída por fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e fosfatidilinositol, sendo um ingrediente natural com todo o valor nutricional inerente. A lecitina de soja tem uma vasta gama de aplicações alimentares, incluindo agente estabilizante (Archer Daniels Midland Lecithin - ADM Lecithin, 1997).

De acordo com o fabricante Plury Química (2009), a composição centesimal do emulsificante lecitina de soja em g 100g<sup>-1</sup> é de 1g 100g<sup>-1</sup> de umidade, 3,5g 100g<sup>-1</sup> de carboidratos, 96 g 100g<sup>-1</sup> de gorduras totais, sendo, a maior parte, composta por gordura poliinsaturada. Os minerais em maior concentração são o potássio (1000mg), e o fósforo (1900mg). O valor energético é de 875 kcal.

A lecitina de soja foi, talvez, o primeiro emulsificante empregado, e seus efeitos podem ser sentidos principalmente durante a fase de mistura de massa. A estrutura molecular da lecitina a torna um eficaz emulsionante na interface óleo-água. Os fosfolipídeos, principais componentes da lecitina de soja, contêm tanto uma parte hidrofóbica quanto uma hidrofílica, isso confere às moléculas afinidade simultânea. O grupo fosfolipídico é formado por moléculas anfipáticas, isto é, possuem uma cabeça constituída pelo grupo fosfato que é polar ou hidrofílica (tem afinidade por água) e uma cauda constituída pelas

cadeias de ácidos graxos, apolar ou hidrofóbica, ou seja, repele a água (ADM Lecithin, 1999).

A lecitina de soja é utilizada na fabricação de pães para melhorar a tolerância da massa, diminuir a quantidade de gordura utilizada, melhorar a textura do miolo e a firmeza da crosta. Além de emulsificante, a lecitina de soja tem muitas outras características: atua na viscosidade, facilita a mistura de diferentes ingredientes (como recheios cremosos, massas para pães e biscoitos), é umectante de pós hidrófobos (por exemplo, pós contendo gorduras e cacau instantâneo) (ADM Lecithin, 1999).

A adição de lecitina de soja causa uma ligeira redução no tempo de mistura e um ligeiro aumento na absorção de água, fornecendo uma massa que contém melhores condições de manipulação e maior elasticidade. Assim, o pão possui uma crosta mais macia, uma granulação mais fina e textura mais uniforme com características de armazenamento (El-Dash, 1982).

Na Figura 5 é apresentada a estrutura química da LEC.

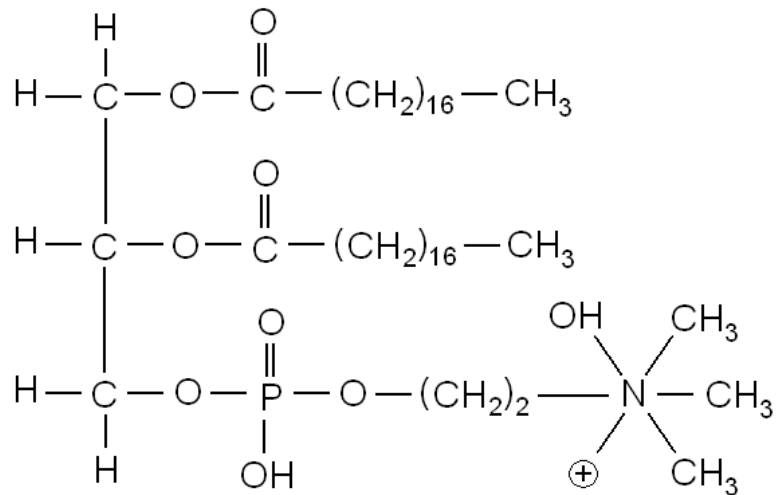


FIGURA 5 Estrutura química da lecitina de soja.

A Tabela 1 apresenta os principais emulsificantes comerciais utilizados em produtos panificáveis.

TABELA 1 Classificação dos principais emulsificantes utilizados em produtos panificáveis

<b>Emulsificante</b>	<b>Nome comum</b>	<b>Interação com o amido</b>	<b>Interação com glúten</b>
Estereoril-2-lactil-lactato de sódio	SSL	Muito Bom	Bom
Estereoril-2-lactil-lactato de cálcio	CSL	Bom	Bom
Monoglicerídeos	GMS	Excelente	Moderado
Diacetil tartarato de mono e diglicerídeos	DATEM	Moderado	Excelente

Fonte: Palma et al. (2009)

### **2.3.6 Emulsificantes naturais**

Nos últimos anos, o estilo de vida saudável vem direcionando a vida de um número cada vez maior de pessoas. Este novo estilo de vida inclui, principalmente, uma alimentação baseada em produtos que não comprometam a saúde ou até promovam benefícios à mesma. Com isso, uma grande tendência é a preferência por alimentos, ingredientes e aditivos naturais (Melo, 2004).

Com o aumento da demanda por alimentos naturais, as indústrias estão pesquisando novos métodos para a obtenção de melhoria de características como maciez, textura e maior vida de prateleira dos pães, geralmente obtidas com a utilização de aditivos químicos (Lad & Mullins, 1993). Nesse contexto, coadjuvantes tecnológicos naturais, que não foram produzidos por síntese química, como as enzimas, vêm sendo, cada vez mais, utilizados (Haros et al., 2002; Néron et al., 2004).

A mucilagem de inhame é um aditivo natural que apresenta atividade emulsificante, desta forma, pode ser utilizada pelas indústrias do segmento de panificação (Fonseca, 2006).

#### **2.4 Inhame (*Dioscorea* spp.)**

A cultura do inhame está presente em várias partes do mundo, mas a grande maioria das espécies cultivadas procede originalmente das zonas tropicais da Ásia e do Oeste da África. O inhame é uma planta monocotiledônea, herbácea, trepadeira, de clima tropical e subtropical (Monteiro, 2002).

O inhame, uma amilácea bastante cultivada para o consumo direto, é produzido há mais de 2000 anos em regiões de clima tropical e subtropical. No mundo a área cultivada é de 1.080 (x1000 ha). Entretanto, no Brasil o inhame é uma olerácea de pequenos produtores, com uma produção de 225 mil toneladas numa área de 24,5 mil hectares (Monteiro & Peressim, 2002).

O inhame é um tubérculo que possui uma casca marrom escura, coberta por fibras finas, semelhantes a fios de cabelo e tem polpa fibrosa branca ou amarelada, que varia conforme a espécie.

A composição química média do inhame é, em alguns casos, superior a de outros tubérculos. O inhame contém vitamina A (30 mg), vitamina B1 (0,05 a 0,04 mg), vitamina B2 (0,02 a 0,03 mg) e vitamina C (12 a 35 mg), além disso é rico em vitamina B5 e minerais, como cloro, silício, fósforo, alumínio, ferro, manganês, potássio e sódio (Araújo, 1982; Tecnologias..., 2004).

Ramsden & Yu (2000) destacam que muitos tubérculos podem conter níveis apreciáveis de polissacarídeos não amiláceos (PNA). O papel fisiológico destes polissacarídeos não é muito claro, até porque as quantidades encontradas são muito pequenas para contribuir de forma efetiva para com a reserva energética da planta.

O inhame é muito consumido no nordeste do Brasil, geralmente como substituto do pão. Na cozinha, seu uso é muito variado e pode ser preparado da mesma forma que a batata (Inhame, 2007). Como alternativa, o inhame cozido pode ser macerado, formando purês, que podem ser utilizados diretamente ou adicionados a alimentos sólidos ou sopas (Miamoto, 2008).

Contudo não existe processamento do inhame para a obtenção de amido e menos ainda para a mucilagem como fonte de matéria prima para as indústrias, principalmente as alimentícias.

O desenvolvimento de produtos alimentícios tendo como base raízes tropicais, de tradição de cultivo e apelo cultural como o inhame, possibilitaria o incremento de toda a cadeia produtiva, despertando o interesse dos produtores rurais e industriais (Leonel et al., 2006). Tubérculos de inhame estão apresentados na Figura 6.



FIGURA 6 Tubérculo inhame (*Dioscorea* spp.).

#### **2.4.1 Mucilagem de inhame (*Dioscorea spp.*)**

O inhame é muito consumido em pratos populares como cozidos, purês, sopas e uma outra forma de utilização observada foi na elaboração de pães. A cultura de se adicionar inhame à massa de pães vem de muitos anos e foi passada de geração a geração. Essa técnica é utilizada principalmente por donas de casa que adicionam inhame na massa afim de melhorar a qualidade do pão, principalmente no que tange ao aspecto de textura.

A partir de relatos dessas pessoas, surgiu o interesse de verificar a ação científica desses tubérculos nas formulações de pães. Fonseca (2006) estudou a ação do inhame *in natura*, da mucilagem do inhame *in natura* e da mucilagem do inhame liofilizada, principalmente sob a textura de pães de forma e concluiu que o melhor efeito melhorador foi obtido com a utilização da mucilagem de inhame liofilizada.

Fonseca (2006) verificou que pães de forma acrescidos de mucilagem de inhame liofilizada obtiveram uma boa aceitabilidade pelo público, viabilizando seu emprego em pães de forma.

Diante disso, torna-se extremamente importante a utilização de aditivos naturais na panificação, como, por exemplo, a mucilagem de inhame, que, adicionada à massa de pães, resulta em produtos mais macios (Fonseca, 2006).

A mucilagem do inhame possui um poder emulsificante que confere grande maciez ao pão e aumenta sua vida de prateleira. Ressalta-se que a extração da mucilagem do inhame pode ser feita em tubérculos rejeitados durante a classificação, devido ao seu formato ou tamanho ou naqueles que representam excedente de produção. Desta forma, um destino nobre é dado a um tubérculo muitas vezes não valorizado.

Há outras maneiras de se utilizar a mucilagem de inhame. Dos componentes do inhame, o que mais interessa ao processamento industrial são as gomas ou mucilagens. Acima de 10,7% de mucilagens brutas podem ser

extraídas dos rizomas de inhame com água quente (Nip, 1997). Esta goma hidrossolúvel apresenta pureza de 98%, sendo constituída de D-galactose (61,6%), D-glucose (19,7%) e D-arabinose (16,2%) (Lima, 2002).

A separação de mucilagem por meios químicos não somente preserva esse material benéfico, como também reduz a viscosidade da suspensão líquida (Fonseca, 2006).

A mucilagem é uma substância gomosa encontrada nos vegetais. (Colocasia...,2005). Do ponto de vista físico, ela é um sistema coloidal líquido, liofílico, sendo, portanto, um hidrogel; quimicamente ela é constituída por água, pectinas, açúcares e ácidos orgânicos (Misaki et al., 1972).

As mucilagens fazem parte da composição das fibras que se encontram presentes, em sua maior parte, nos cereais integrais, nos legumes e leguminosas, nas hortaliças e na fruta, sendo inúmeros os benefícios que o seu consumo pode trazer (Hou et al., 2002).

A viscosidade da mucilagem, composta principalmente de glicoproteína manana, permite que ela seja usada como espessante de alimentos (Misaki et al., 1972). Quando combinadas a glicosídeos, as mucilagens são usadas na indústria alimentar, pois formam um tipo de gel que possibilita espessar e modificar a textura do alimento (Hou et al., 2002). A mucilagem é utilizada na indústria alimentícia para confecção de geleias e doces diversos e na indústria farmacêutica para correção do gosto de fármacos e para dar estabilidade às emulsões e pomadas (Hou et al., 2002).

Hou et al. (2002) relataram que, na purificação do inhame (*Dioscorea batatas*), a mucilagem do tubérculo exibiu atividades antioxidantes.

Para Tsai & Tai (1984), gomas diferem das mucilagens, pois elas se dissolvem rapidamente em água, ao passo que as mucilagens formam massas viscosas e são produtos fisiológicos, enquanto que as gomas são produtos patológicos.

## **2.5 Análises utilizadas para caracterização da mucilagem**

### **2.5.1 Análise de viscosidade relativa – RVA**

Existem vários métodos para determinar a viscosidade de uma pasta. Entretanto, a seleção do método mais apropriado depende do propósito da medida. O amilógrafo Brabender é o equipamento mais conhecido e usado para estudos sobre o comportamento reológico de uma pasta de amido, porém há um equipamento de menor custo e tamanho de amostra, além de reduzido tempo de leitura – o determinador rápido de viscosidade, mais conhecido como (*Rapid Visco Analyser- RVA*) (Germani, 2003).

O RVA é um aparelho que possui um recipiente de teste e pá agitadora, onde é misturada uma suspensão de água e farinha. Posteriormente, este recipiente é encaixado na torre do aparelho, iniciando o ciclo de medição. O equipamento é ligado a um computador que fornece as curvas de viscosidade. A capacidade de aquecimento e resfriamento linear do equipamento, associada ao estável controle de temperatura, permite monitorar cuidadosamente o cozimento do material, enquanto são registradas continuamente as mudanças na viscosidade (Fernandes, 2006).

Na medida em que se processam os testes, sob alta temperatura e rotação controlada, o amido é gelatinizado, com conseqüente aumento na viscosidade, podendo-se verificar sua estabilidade nestas condições. O resfriamento subsequente fornece uma indicação do *setback* (ganho de viscosidade) durante a gelatinização. Dentre os parâmetros que podem ser determinados, têm-se: temperatura de pasta, viscosidade máxima, tempo de viscosidade máxima, temperatura na viscosidade máxima, *breakdown*, *setback* e viscosidade final no resfriamento (Thomas & Atwell, 1999).

Os principais determinantes do comportamento das pastas amiláceas são Os principais determinantes do comportamento das pastas amiláceas são as mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e

retrogradação. O viscoamilógrafo Brabender e mais recentemente o RVA são usados para medir essas propriedades, principalmente, no que diz respeito às mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido. Na fase de aumento da temperatura (95°C) e agitação constante, os grânulos começam a quebrar, a contínua solubilização dos polímeros e o alinhamento molecular ocorrem dentro do campo de atrito do instrumento e, causam uma diminuição da viscosidade (Thomas & Atwell, 1999). Com a continuidade do experimento a 95°C, a queda da viscosidade pode ser atribuída ao alinhamento das moléculas de amilose sob cisalhamento. Com a diminuição da temperatura, observa-se um novo aumento na viscosidade (*setback*) devido à gelatinização e retrogradação das moléculas de amilose (Thomas & Atwell, 1999).

### **2.5.2 Espectroscopia na região do infravermelho**

A espectroscopia de infravermelho é um tipo de espectroscopia de absorção, que usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético.

Como as demais técnicas espectroscópicas, ela pode ser usada para identificar grupos funcionais ou investigar a composição de uma amostra.

A espectroscopia no infravermelho se baseia no fato de que as ligações químicas das substâncias possuem frequências de vibrações específicas, as quais correspondem a níveis de energia da molécula, chamados, nesse caso, de níveis vibracionais. Tais frequências dependem da forma da superfície de energia potencial da molécula, da geometria molecular, das massas dos átomos e eventualmente do acoplamento vibrônico (Espectroscopia..., 2009).

Não obstante, as frequências de ressonância podem ser, em uma primeira aproximação, relacionadas ao comprimento da ligação e às massas dos átomos em cada ponta. As ligações podem vibrar de seis modos: estiramento simétrico, estiramento assimétrico, tesoura, rotação, *wag* e *twist* (Espectroscopia..., 2009).

Esta técnica trabalha quase que exclusivamente em ligações covalentes, e é de largo uso na química, especialmente na química orgânica. Gráficos bem resolvidos podem ser produzidos com amostras de uma única substância com elevada pureza. Contudo a técnica costuma ser usada para a identificação de misturas bem complexas (Skoog et al., 2002).

### **2.5.3 Métodos térmicos**

É importante empregar métodos térmicos para estudo da caracterização de mucilagens, a fim de conhecer o comportamento desse material a temperaturas variadas. A mucilagem está sendo estudada como emulsificante em pães de forma, desta forma, torna-se imprescindível investigar se altas temperaturas trarão alguma perda físico-química ou nutricional para esse novo produto.

Uma definição geralmente aceita para análise térmica é grupo de técnicas nas quais uma propriedade física de uma substância e/ou de seus produtos de reação é medida em função da temperatura, enquanto a substância é submetida a uma variação de temperatura controlada e programada (Mackenzie, 1979, citado por Bernal, 2002). São conhecidas mais de uma dúzia de métodos térmicos, os quais diferem nas propriedades medidas e nos programas de temperatura. Esses métodos encontram ampla aplicação tanto de controle de qualidade como em pesquisa de produtos industriais, como polímero, produtos farmacêuticos, argilas e minerais, metais e ligas (Skoog et al., 2002).

Para que uma técnica térmica seja considerada termoanalítica é necessário, segundo a definição, envolver a medição de uma propriedade física, que essa seja expressa direta ou indiretamente em função da temperatura, e executada sob um programa controlado desta variável (Wendlandt, 1985; Matos, Machado, 2004).

As técnicas de análise térmica também monitoram e analisam processos de aquecimento e resfriamento, como pasteurização, esterilização, cozimento, secagem e congelamento, amplamente empregados nas indústrias de alimentos.

### **2.5.3.1 Análise Termogravimétrica (TG)**

Em análise termogravimétrica (*termogravimetry*- TG), a massa de uma amostra em uma atmosfera controlada é registrada continuamente como uma função da temperatura ou tempo à medida que a temperatura da amostra aumenta (em geral, linearmente com o tempo). Um gráfico da massa em função do tempo é chamado termograma ou curva de decomposição térmica (Skoog et al., 2002).

O tamanho da amostra varia de uns poucos miligramas a 10 miligramas dependendo do equipamento usado. Os estudos podem ser realizados a temperaturas de até 1550° C. Este método é útil para determinar a pureza e a água na amostra, o conteúdo de carboneto e as reações de decomposição. Além disso, é muito utilizado na caracterização do perfil de degradação de polímeros e de outros tantos materiais (Skoog et al., 2002).

A exposição à temperatura elevada pode, algumas vezes, alterar a estrutura química e, por consequência, as propriedades físicas dos materiais. Em uma curva de TG observa-se a inflexão devido ao processo de degradação térmica do material, o qual depende da natureza química, ou seja, da estrutura e da extensão das forças de interação. Na curva de TG tem-se o comportamento mais detalhado do processo de degradação (Piccoli et al., 2006).

A informação obtida por métodos termogravimétricos é mais limitada do que a obtida com os outros dois métodos térmicos, porque uma variação de temperatura deve provocar uma variação na massa do analítico. Então, os métodos termogravimétricos estão limitados a reações de decomposição e de

oxidação e a processos físicos como vaporização, sublimação e dessorção (Skoog et al., 2002).

Talvez a mais importante das aplicações de métodos termogravimétricos esteja no estudo de polímeros. Os termogramas fornecem informação sobre mecanismos de decomposição para diferentes tipos de polímero. Além disso, os padrões de decomposição são característicos para cada tipo de polímero (Skoog et al., 2002).

### **2.5.3.2 Análise Térmica Diferencial (DTA)**

A Análise Térmica Diferencial (*Differential Thermal Analysis – DTA*) é uma técnica na qual a diferença na temperatura entre uma substância e um material de referência é medida em função da temperatura enquanto a substância e o material de referência ficam sujeitos a um gradiente de temperatura controlada.

Esta técnica pode ser descrita tomando como base a análise de um programa de aquecimento. A Figura 7 mostra o diagrama do compartimento de DTA no qual são colocados dois cadinhos, da amostra a ser analisada (A) e do material referência (R), e dois sensores de temperatura (um sensor em cada cadinho), em um sistema aquecido por apenas uma fonte de calor (Wendhausen, 2008).

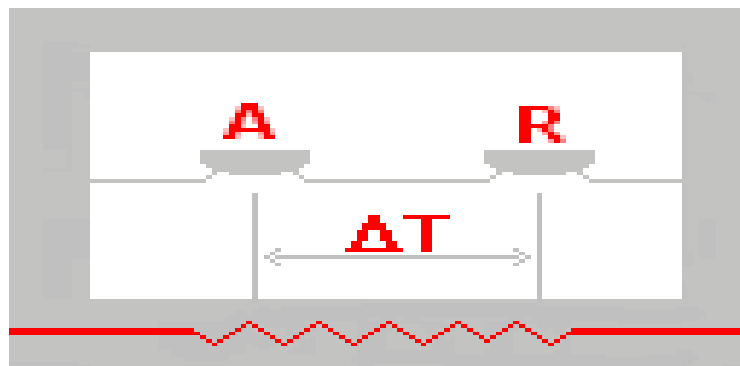


FIGURA 7 Diagrama esquemático do compartimento da amostra na análise DTA. Em que A: amostra a ser analisada, R: material referência e  $\Delta T$ : diferença de temperatura.  
Fonte: Wendhausen (2008).

A amostra e o material de referência são submetidos à mesma programação de aquecimento monitorada pelos sensores de temperatura, geralmente termopares. A referência pode ser alumina em pó, ou simplesmente a cápsula vazia (Wendhausen, 2008)

Ao longo do programa de aquecimento a temperatura da amostra e da referência se mantém iguais até que ocorra alguma alteração física ou química na amostra. Se a reação for exotérmica, a amostra irá liberar calor, ficando por um curto período de tempo, com uma temperatura maior que a referência. Do mesmo modo, se a reação for endotérmica a temperatura da amostra será temporariamente menor que a da referência (Wendhausen, 2008).

Os processos físicos endotérmicos incluem fusão, vaporização, absorção, dessorção. Adsorção e cristalização geralmente são exotérmicas. As reações químicas podem ser também exotérmicas ou endotérmicas. As reações endotérmicas incluem desidratação, redução em uma atmosfera gasosa e decomposição. As reações exotérmicas incluem oxidação no ar ou na presença de oxigênio, polimerização e reações catalíticas (Wendhausen, 2008).

O uso principal do DTA é detectar a temperatura inicial dos processos térmicos e qualitativamente caracterizá-los como endotérmico e exotérmico, reversível ou irreversível, transição de primeira ordem ou de segunda ordem. Este tipo de informação, bem como sua dependência em relação a uma atmosfera específica, faz este método particularmente valioso na determinação de diagramas de fase (Skoog et al., 2002).

### **2.5.3.3 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)**

Calorimetria Diferencial de Varredura (*Differential Scanning Calorimetry* – DSC) é uma técnica derivada da DTA. Mede a diferença de energia necessária à substância e a um material de referência, inerte de modo térmico, enquanto ambos são submetidos a uma variação controlada de temperatura, de maneira que a amostra e a referência sejam mantidas em condições isotérmicas, uma em relação à outra, independente do evento térmico que esteja ocorrendo na amostra.

A DSC pode ser definida como uma técnica que mede as temperaturas e o fluxo de calor associado com as transições dos materiais em função da temperatura e do tempo. Tais medidas fornecem informações qualitativas e quantitativas sobre mudanças físicas e químicas que envolvem processos endotérmicos (absorção de calor), exotérmicos (perda de calor) ou mudanças na capacidade calorífica (Bernal et al., 2002).

A DSC pode proporcionar informações sobre caracterização e medidas tais como: transição vítrea, temperatura e tempo de cristalização, ponto de fusão, calor específico, oxidação, pureza, estabilidade térmica, ponto de ebulição, grau de velocidade de cura, cinética de reação e outros. Em uma curva de DSC observa-se uma inflexão na região da temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) devido ao aumento no calor específico na medida em que a movimentação dos segmentos aumenta. Esse aumento, por sua vez, é devido às mudanças causadas

por vários fatores, sendo, um dos mais importantes, as mudanças da mobilidade molecular em função das mudanças de interação. Um pico endotérmico denota a temperatura de fusão ( $T_m$ ) da região cristalina, a qual é uma função expressa do tipo de ordenação da amostra (Piccoli et al., 2006).

O termo DSC foi utilizado primeiramente em 1963, para definir um sistema desenvolvido pela empresa norte-americana Perkin-Elmer. Atualmente tem-se definido:

**DSC com Compensação de Potência:** arranjo no qual a referência e amostra são mantidas na mesma temperatura, através de aquecedores elétricos individuais. A potência dissipada pelos aquecedores é relacionada com a energia envolvida no processo endotérmico ou exotérmico.

**DSC com Fluxo de Calor:** o arranjo mais simples é aquele no qual a amostra e a referência, contidas em seus respectivos suportes de amostra, são colocadas sobre um disco de metal. A troca de calor entre o forno e a amostra ocorre preferencialmente pelo disco. Para uma condição de fluxo de calor de estado estacionário, o sinal medido  $\Delta T$  (diferença de temperatura entre a amostra e a referência), é proporcional à diferença nos fluxos de calor,  $\Delta \phi$ , entre a amostra,  $\phi_A$ , e referência,  $\phi_R$ , e é representada pela Equação 1:

$$\Delta \phi = \phi_A - \phi_R = -k \Delta T \text{ (1)}$$

Um processo endotérmico na amostra cria um  $\Delta T < 0$  e  $\Delta \phi > 0$ , ou seja, flui calor do disco para a amostra. O recíproco ocorre para um processo exotérmico. A constante  $k$  deve ser determinada por calibração, usando-se padrões com uma constante física conhecida, por exemplo, entalpia de fusão. (Bernal et al., 2002).

O DSC determina transições relacionadas à desnaturação de proteínas, gelatinização de amido, fusão de cristais de gordura e transições vítreas em substâncias amorfas e produtos congelados (Harwalkar & Ma, 1990).

O conteúdo de água na amostra, bem como a razão de aquecimento modifica o perfil das curvas geradas pelo DSC. Geralmente o aquecimento lento decompõe um pico endotérmico em múltiplas fases (Matuda, 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu na caracterização da mucilagem de inhame liofilizada e no estudo de seu uso como emulsificante natural na fabricação de pão de forma em comparação a emulsificantes comerciais.

#### 3.1 Obtenção da mucilagem do inhame

O inhame (*Dioscorea* spp.) foi adquirido no comércio varejista de hortifrutigranjeiros na cidade de Lavras. Cerca de 30 quilogramas do tubérculo foram lavados em água corrente, descascados e novamente lavados em água corrente. Porções de 300 gramas deste inhame foram trituradas em liquidificador industrial por cinco minutos e, no final, todas as porções foram reunidas e homogenizadas.

A mucilagem foi extraída manualmente do inhame triturado por filtração em malha de poliéster (40x40cm), de acordo com metodologia de Fonseca (2006). O filtrado (mucilagem) foi liofilizado para posterior realização das análises físico-químicas e análises térmicas.

Na Figura 8 está representada a extração da mucilagem de inhame.



FIGURA 8 Extração da mucilagem de inhame (*Dioscorea* spp.).

### 3.2 Obtenção da mucilagem liofilizada

A mucilagem filtrada foi transferida para placas de Petri, tampadas com uma camada de filme de PVC esticável transparente próprio para embalar alimentos, e congelada em um freezer ( $-18^{\circ}\text{C} \pm 1$ ).

A mucilagem do inhame congelada foi liofilizada por aproximadamente 72 horas no aparelho Edwards, modelo L4KR, Série 163, Brasil. Antes do processo de liofilização, a camada de filme que estava recobrendo a placa de Petri foi perfurada com furos por uma agulha de 0,2 mm de diâmetro.

O procedimento liofilização foi realizado no Laboratório de Fitopatologia, do Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A mucilagem liofilizada foi utilizada nas análises físico-químicas e térmicas e para a fabricação dos pães de forma que receberam mucilagem liofilizada.

### **3.3 Caracterização físico-química, química, reológica e termoquímica da mucilagem de inhame liofilizada**

Essas análises serviram para demonstrar a constituição físico-química, químico, reológica, e o comportamento termoquímico da mucilagem de inhame liofilizada.

#### **3.3.1 Rendimento da mucilagem de inhame liofilizada**

Trinta quilogramas de tubérculo inhame foram pesados, descascados e triturados. A mucilagem de inhame foi extraída e submetida ao processo de liofilização. Em seguida, o material foi novamente pesado a fim de verificar o rendimento da mucilagem de inhame liofilizada.

#### **3.3.2 Umidade**

Para a análise de umidade, inicialmente foi realizada a pré-secagem da amostra MIL em estufa à temperatura de 65° C e posterior secagem em estufa à temperatura de 105°C, de acordo com a metodologia nº 925.09 da Association of Official Agricultural Chemists-AOAC (2000), até obtenção do peso constante. O resultado foi expresso em g 100g<sup>-1</sup> de umidade na amostra.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.3.3 Extrato etéreo**

O método utilizado para extração do extrato etéreo foi de extração contínua em aparelho tipo *Soxhlet*, utilizando-se o éter etílico como solvente, de acordo com a metodologia nº 925.38 da AOAC (2000). O resultado foi expresso em g 100g<sup>-1</sup> de extrato etéreo na matéria integral.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.3.4 Proteína bruta**

Para análise de proteína bruta, foi utilizado o método de micro-Kjeldahl n°920.87 da AOAC (2000). O teor de amônia encontrado na amostra foi convertido em proteína total, sendo multiplicado o valor obtido pelo fator de conversão 6,25, expresso em  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de proteína bruta na matéria integral.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.3.5 Cinzas**

A análise de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico da AOAC (2000) n° 923.03, com calcinação a  $550^{\circ}\text{C}$ , com permanência da amostra dentro da mufla, por um período suficiente para queima de toda matéria orgânica. O resultado foi expresso em  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de cinzas na matéria integral.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Produtos Vegetais Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.3.6 Fibra alimentar**

As amostras em duplicata foram gelatinizadas com Termamyl ( $\alpha$ -amilase calor estável) e, então, digeridas enzimaticamente com proteases e amiloglucosidase para remoção da proteína e amido. Quatro volumes de etanol foram adicionados para precipitar a fibra alimentar. O resíduo total foi filtrado, lavado com etanol 78%, etanol 95% e acetona. Depois de seco, o resíduo foi

pesado. Uma replicata foi analisada para proteína e a outra foi incinerada a 525°C, determinando as cinzas. O valor de fibras totais foi calculado conforme a Equação 2, de acordo com a metodologia da AOAC (1995). O resultado foi expresso em g 100g<sup>-1</sup> de matéria integral.

$$\text{Fibra alimentar} = \text{peso do resíduo} - (\text{peso de proteína} + \text{peso das cinzas}) \quad (2)$$

Esta análise foi realizada no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.7 Fração glicídica (extrato não nitrogenado)**

O método utilizado foi aquele por diferença como determina a AOAC (2000), segundo a Equação 3.

$$\text{Fração glicídica} = 100 - (\text{umidade} + \text{extrato etéreo} + \text{proteína} + \text{fibra alimentar} + \text{cinza}) \quad (3)$$

Considerando a matéria integral. O resultado foi expresso em g 100g<sup>-1</sup> de fração glicídica na matéria integral.

### **3.3.8 Valor calórico**

Foram utilizados fatores de conversão de Atwater, conforme metodologia de Osborne & Voogt (1978), em que 4 kcal g<sup>-1</sup> para proteínas, e carboidratos e 9 kcal g<sup>-1</sup> para lipídios. O resultado foi expresso em kcal 100<sup>-1</sup> baseado na Equação 4:

$$\text{VC} = (\text{g } 100\text{g}^{-1} \text{ proteína} \times 4) + (\% \text{ extrato etéreo} \times 9) + (\% \text{ carboidratos} \times 4). \quad (4)$$

### **3.3.9 pH**

Foi preparada uma suspensão de 10 g da mucilagem de inhame liofilizada em 100 mL de água destilada com agitação por 10 minutos, e determinado o pH em potenciômetro digital, de acordo com Plata-Oviedo (1998).

Esta análise foi realizada na Planta Piloto de Processamento de Leite e Derivado do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.10 Acidez titulável**

Foi preparada uma suspensão de 10 g da mucilagem de inhame liofilizada em 100 mL de água destilada com agitação por 10 minutos, conforme descrito por Plata-Oviedo (1998). A mistura foi agitada, enquanto se adicionou uma solução de NaOH até atingir pH 8. O resultado foi expresso em miliequivalente de NaOH por cem gramas da matéria integral, utilizando-se a Equação 5:

$$\text{Acidez titulável} = \{N (\text{volume NaOH} \times 1.000) \times \text{fator de correção} \times 100\} / g$$

(5)

Esta análise foi realizada na Planta Piloto de Processamento de Leite e Derivado do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.11 Minerais**

Os minerais de cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro foram determinados por espectrometria de absorção atômica; fósforo e enxofre por espectrofotometria; potássio, por fotometria de chama, de acordo com as técnicas descritas por Malavolta et al. (1997), sendo o resultado expresso em g 100g<sup>-1</sup> da matéria integral para os macro-minerais e mg Kg<sup>-1</sup> para os micro-minerais.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Análise Foliar Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.12 Açúcares totais**

A determinação de açúcares foi realizada segundo o método de Somogy, adaptado por Nelson (1944). Resultados expressos em  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  da matéria integral.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.13 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  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  matéria seca.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.14 Polifenóis**

Os fenólicos totais ou polifenóis foram extraídos segundo Goldstein & Swain (1963). Um grama de mucilagem de inhame liofilizada foi adicionado de 20 ml de metanol 80% (v/v), fervendo em chapa elétrica por 20 minutos, com temperatura variando de 70°C a 80°C sob refluxo. A solução foi filtrada em 20 ml de metanol 80% (v/v), repetindo a operação anterior por mais duas vezes. Os três filtrados obtidos foram reunidos e evaporados em chapa elétrica a 80°C até volume aproximado de 5 mL. O volume foi completado para 50 ml com água destilada obtendo a solução, que constitui o extrato de polifenóis.

Na quantificação foi utilizado o método de Folin-Denis, conforme recomendação da AOAC (1990). De acordo com essa metodologia, mistura-se 0,85 ml do extrato com 0,05 ml do reagente de Folin-Denis (10 g de tungstato de

sódio hidratado, 20 g de ácido fosfomoblídico, 50 ml de ácido fosfórico concentrado e completou-se o volume para 100 ml com água) e 0,10ml de carbonato de sódio. Após agitar vigorosamente e esperar por 30 minutos leu-se a cor desenvolvida com  $\lambda = 760\text{nm}$ . O teor de fenólicos totais foi medido em mg de ácido  $100^{-1}$  g de mucilagem de inhame liofilizada.

Esta análise foi realizada na Planta Piloto de Produtos Vegetais Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.15 Pectinametilesterase**

A atividade enzimática foi determinada pela técnica descrita por Jen & Robinson (1984) modificada por Vilas-Boas (1995). O substrato utilizado foi a pectina cítrica a 1% em NaCl  $0,1 \text{ Mol L}^{-1}$ , pH 7,0, à temperatura ambiente. A taxa de desmetilação da pectina, adicionada do extrato enzimático, foi medida pela titulação da mistura da reação com NaOH  $0,01 \text{ Mol L}^{-1}$ , mantendo-se o pH 7,0 por 10 minutos. Uma unidade de atividade foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalizar a desmetilação de pectina correspondente a um micromol de NaOH por minuto, nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em unidades por grama de peso por minuto ( $\mu\text{mol}^{-1}\text{g}^{-1}\text{min}$ ).

Esta análise foi realizada na Planta Piloto de Produtos Vegetais Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.16 Poligalacturonase**

A extração foi realizada de acordo com a metodologia de Buecher & Furmanski (1978) modificada por Vilas-Boas (1995). Amostras de 5g foram trituradas em politron com 50 mL de água destilada gelada, a  $4^{\circ}\text{C}$ . O

homogenato resultante foi filtrado em papel de filtro. O resíduo foi lavado mais uma vez com água destilada e, em seguida, ressuspensionado em NaCl 1,0 Mol L<sup>-1</sup> e submetido à homogeneização por um minuto. O pH foi ajustado para 6 com NaOH e o novo homogenato foi incubado a 4°C, por uma hora. Depois de incubado, o volume foi completado para 30 mL com NaCl 1,0 Mol L<sup>-1</sup> e filtrado com papel de filtro. O sobrenadante constituiu a fonte enzimática. A determinação da atividade enzimática foi realizada segundo Pressey & Avants (1973). O extrato foi incubado com ácido galacturônico 0,25% em tampão acetato de sódio 37,5 mM pH 5,0, a 30 °C, por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente e os grupos redutores liberados determinados pela técnica Somogyi, modificada por Nelson (1944), utilizando-se ácido galacturônico como padrão. Os resultados foram expressos em unidades de atividade de poligalacturonase por minuto ( $\mu\text{mol}^{-1}\text{g}^{-1}\text{min}$ ).

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.17 Vitamina C total**

O conteúdo de ácido ascórbico, após a oxidação a ácido dehidroascórbico, foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). A leitura foi realizada a  $\lambda = 520$  nm em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado. Os resultados expressos em g 100g<sup>-1</sup> da matéria integral.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.18 Viscosidade relativa**

Para a determinação da viscosidade aparente de pasta foi utilizado o Analisador Rápido de Viscosidade (*Rapid Viscosity Analyser – RVA*, New Port Scientific Pty. Ltd., Sidney, Warriewood, Austrália), seguindo-se a metodologia de nº 162 da ICC (1995). Para 3 g de cada amostra (umidade ajustada para 14% em base úmida) foram adicionados 25 g de água destilada. O perfil de temperatura usado foi o Standard disponível no software de análise do equipamento. Para a medida propriamente dita, a suspensão foi mantida a 50°C por 2 minutos (min), a mistura foi aquecida a 95°C sob uma taxa de aquecimento constante de 14C/min, mantida nesta temperatura por 2 min, resfriada a 50°C na mesma taxa, e mantida a 50°C por mais 2 min totalizando 13 minutos de análise, a 160 rpm.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Reologia e Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

### **3.3.19 Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)**

O material foi analisado por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), em um aparelho Digilab Excalibur, série FTS 3000 (Estados Unidos) com detector DTGS, com faixa espectral de 400  $\text{cm}^{-1}$  a 4000  $\text{cm}^{-1}$  e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ . As amostras foram analisadas por transmissão em pastilhas de KBr de 7 mm de diâmetro.

Esta análise foi realizada no Laboratório Central de Análise de Prospecção Química do Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.20 Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG)**

A análise térmica diferencial e a análise termogravimétrica foram utilizadas para monitorar o perfil de estabilidade térmica do material. As análises foram realizada com 8,7 mg de mucilagem de inhame liofilizada, as quais foram

colocadas em cadinho de alumínio, sob fluxo de 300 mL min<sup>-1</sup> de ar sintético em um analisador termomecânico Shimadzu DTG - 60 AH (Japão). As amostras foram aquecidas de 30 a 600°C com taxa de aquecimento de 5°C min<sup>-1</sup>.

Estas análises foram realizadas no Laboratório Central de Análise de Prospecção Química do Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3.21 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)**

Para a realização da análise de calorimetria diferencial de varredura foram utilizados cerca de dois a três mg de mucilagem de inhame liofilizada, os quais foram colocados em cadinho de alumínio herméticos e analisados em DSC Q200 TA Instruments, (Estados Unidos), com faixa de temperatura de -80°C a 200°C, de acordo com a metodologia descrita por Zhang et al. (1997).

Esta análise foi realizada no laboratório de Laboratório de Reologia e Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

### **3.4 Produção dos pães de forma**

Os pães foram produzidos no Centro Técnico de Panificação e Confeitaria do Moinho Sul Mineiro, Varginha, MG.

As formulações dos pães de forma utilizadas neste experimento estão discriminadas no Manual de Produção do Programa de Apoio ao Panificador, os percentuais de emulsificantes comerciais estão de acordo com a recomendação dos fabricantes e as concentrações de mucilagem de inhame liofilizada abrangeram as concentrações usuais para emulsificantes comerciais (Tabela 2).

TABELA 2 Formulação dos pães de forma

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade (g)</b>	<b>Percentual g 100g<sup>-1</sup></b>
Farinha de trigo SM	2000	100
Fermento Biológico Freshman	50	2,5
Leite em pó Camponesa	80	4,0
Açúcar cristal Caeté	120	6,0
Sal refinado Cisne	40	2,0
Gordura vegetal Primor	80	4,0
Água potável	1100	60
<b>Emulsificantes</b>		
MIL 0,5%	10	0,5
MIL 1,0%	20	1,0
MIL 1,5%	30	1,5
MIL 2,0%	40	2,0
SSL- R manus	10	0,5
CSL- R manus	10	0,5
DATEM- R manus	20	1,0
GMS- R manus	20	1,0
LEC	20	1,0

MIL: mucilagem de inhame liofilizada

SSL: estearoil-2- lactil lactato de sódio

CSL: estearoil-2- lactil lactato de cálcio

DATEM: diacetil tartarato de mono e diglicerídeos

GMS: monoglicerídeos

LEC: lecitina de soja

O fluxograma da produção está representado na Figura 9 e os pães de forma, na Figura 10.

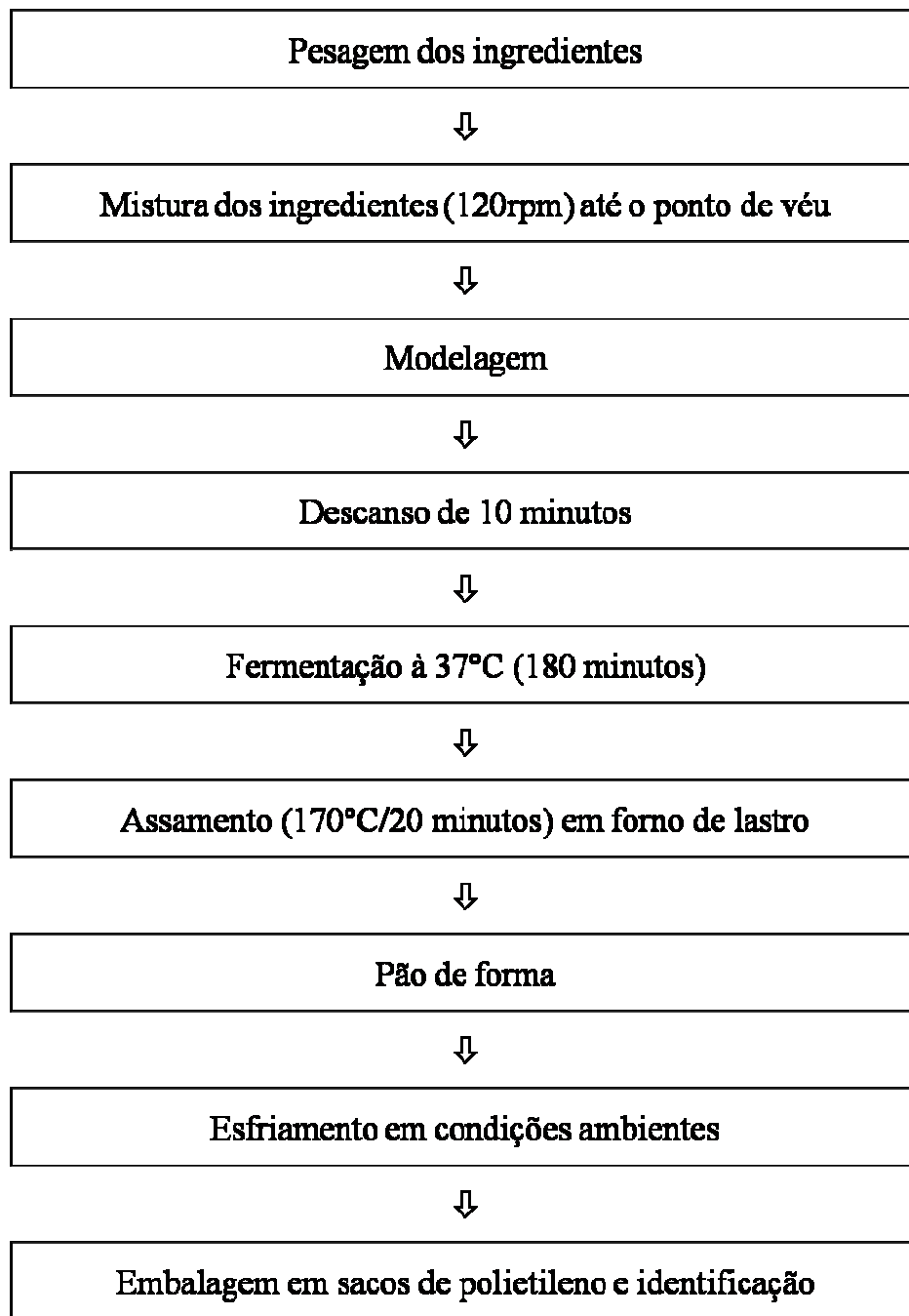


FIGURA 9 Fluxograma de produção dos pães de forma.

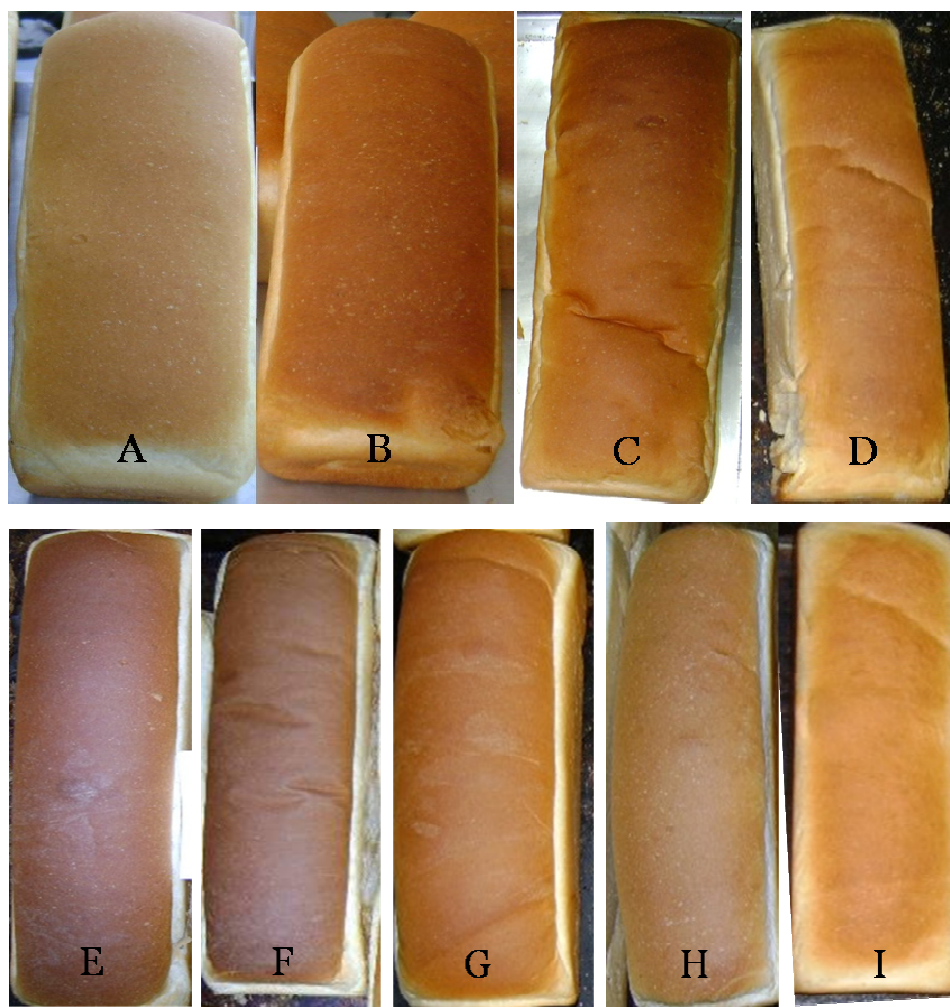


FIGURA 10 Pães de forma formulados com diferentes emulsificantes: MIL 0,5% (A); MIL 1% (B); MIL 1,5% (C); MIL 2% (D); SSL (E); CSL (F); DATEM (G); GMS (H); LEC (I).

### 3.5 Análises físico-químicas dos pães de forma

As análises feitas auxiliaram a comparação entre os pães adicionados de concentrações diferentes de mucilagem de inhame liofilizada e os pães

adicionados de emulsificantes comerciais. Os pães de cada tratamento foram submetidos às análises físico-químicas e sensoriais.

### **3.5.1 Volume**

Os pães foram pesados e o volume foi medido pelo método do deslocamento de sementes de painço (Griswold, 1972). O volume do produto é calculado subtraindo-se o volume do mesmo volume de sementes colocadas em um recipiente com e sem o produto. O resultado foi expresso em  $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ .

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.5.2 Densidade absoluta**

A densidade absoluta foi determinada dividindo a massa (g) do pão de forma pelo seu volume ( $\text{cm}^3$ ).

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.5.3 Textura**

Para a determinação de textura foi utilizado o texturômetro TA. XT2 *Stable Micro Systems*, (UK – Inglaterra), avaliando-se apenas o perfil de textura relacionado à firmeza nos seguintes parâmetros: *probe compression platens* cilíndrica, 20 mm de diâmetro, velocidade de teste 1,0 mm/s, velocidade pós-teste  $5,0 \text{ mm s}^{-1}$ , distância de compressão 5,0 mm, teste de ruptura 1,0 mm, força em Newton (N) e tempo 5s. As amostras foram mantidas na sua embalagem original e as fatias foram retiradas de forma aleatória, uma a uma, para evitar o ressecamento da crosta e do miolo, quando estes são expostos ao ambiente, o

que também pode interferir no resultado de textura, devido à sensibilidade do aparelho. Cada tipo de pão foi analisado com três repetições (12 fatias por amostra), e a probe do aparelho comprimiu o centro de cada fatia. O resultado foi expresso em Newton (N).

Esta análise foi realizada no Laboratório de Operações Unitária e Bioengenharia do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.5.4 Umidade**

Na análise de umidade, inicialmente fez-se uma pré-secagem em estufa à temperatura de 65° C e posterior secagem em estufa à temperatura de 105°C, de acordo com a metodologia nº 925.09 da AOAC (2000), até obter-se peso constante. O resultado foi expresso em (g 100g<sup>-1</sup>) de umidade na amostra.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### **3.5.5 pH**

Foi preparado um extrato com suspensão de 10 g da mucilagem de inhame liofilizada em 100 mL de água destilada com agitação por 10 minutos, e determinado o pH em potenciômetro digital, de acordo com Plata-Oviedo (1998).

Esta análise foi realizada na planta piloto de Processamento de Leite e Derivado do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### 3.5.6 Acidez titulável

Para a dosagem de acidez titulável, usou-se o mesmo material para determinação do pH, conforme descrito por Plata-Oviedo (1998). A mistura foi agitada, enquanto se adicionou uma solução de NaOH até atingir pH 8. O resultado foi expresso em miliequivalente de NaOH por cem gramas da matéria integral, utilizando-se a Equação 5:

$$\text{Acidez titulável} = \{N (\text{volume NaOH} \times 1.000) \times \text{fator de correção} \times 100\} / g \quad (5).$$

Esta análise foi realizada na Planta Piloto de Processamento de Leite e Derivado do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### 3.5.7 Análise de cor

A análise da cor dos pães foi baseada na metodologia proposta por Gennadios et al. (1996). Foi utilizado o sistema CIELab, por meio de colorímetro Minolta, modelo Chroma Meter CR 3000 (Japão), por reflectância D65, para concluir sobre a interferência do tratamento na coloração do produto final. Os parâmetros de cor, medidos em relação à placa branco ( $L=92,4$ ;  $a=0,3162$ ;  $b=0,3326$ ) foram: L – luminosidade (0= cor preta a 100 = cor branco); a = variando da cor verde (-60,0) a vermelha (+60,0) e b= variando da cor azul (-60,0) a amarela (+60,0). O cálculo para expressar a diferença de cor foi realizado por meio da Equação 6.

$$\Delta E^* = [(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (6)$$

em que:

$\Delta E^*$  = valor para diferença de cor;

$\Delta L$  = diferença entre o padrão branco e a leitura da amostra;

$\Delta a^*$  = diferença entre o padrão branco e a leitura da amostra;

$\Delta b^*$  = diferença entre o padrão branco e a leitura da amostra.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.5.8 Análise sensorial**

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA), cujas instalações incluem cabines individuais. Para avaliação das amostras, um quarto da fatia do pão de forma foi servido em copos plásticos descartáveis, codificados com números de três dígitos, seguindo a ordem balanceada de apresentação segundo Wakeling & Macfie (1995). O grau de aceitação dos pães de forma foi avaliado utilizando-se o teste afetivo com 50 consumidores do produto que avaliaram de forma monocádica o quanto gostaram ou desgostaram de cada amostra de pão em relação à aparência interna, aparência externa, textura, sabor, impressão global. Foi utilizada a escala hedônica estruturada de nove pontos: 1: desgostei extremamente a 9: gostei extremamente. Para o atributo intenção de compra foi utilizada a escala hedônica de cinco pontos: 1: certamente não compraria a 5: certamente compraria (Figura 1A e 2A). Foi realizada análise de variância para detectar diferenças significativas entre as amostras e determinar qual a mais aceita pelo consumidor.

Para os atributos intenção de compra e impressão global os resultados obtidos foram avaliados por meio da técnica de Mapa de Preferência Interno onde os dados de aceitação foram organizados em uma matriz de amostras (linhas) e consumidores (colunas) e esta submetida à Análise de Componentes Principais (ACP) (Carneiro, 2001).

### **3.5.9 Avaliação da qualidade dos pães de forma**

A qualidade do pão foi avaliada por um grupo de sete provadores treinados de acordo com as características externas (volume, cor da crosta, quebra simetria e característica da crosta) e internas (características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura ou maciez), aroma e gosto. Para cada uma das características, foi atribuída uma escala de pontos, conforme El-Dash (1982). Os pães foram observados a olho nu e degustados.

Em relação à classificação de qualidade dos pães de forma, os que atingirem a pontuação maior que 90 pontos representam qualidade muito boa, na faixa de pontos de 80 a 90 estão os de qualidade boa, na faixa de pontos de 70 a 80 enquadram-se os pães de forma de qualidade regular, já os pães de forma com a pontuação abaixo de 70 são considerados de qualidade deficiente, de acordo Camargo & Camargo (1987) (Figura 3A)

Esta análise foi realizada no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.6 Qualidade dos pães de forma durante o armazenamento**

Os pães de forma do tratamento que obteve os melhores resultados nas análises físico-químicas foram submetidos às seguintes análises de qualidade durante o armazenamento: pH, acidez titulável, cor, textura, sensorial, conforme as metodologias já descritas anteriormente. Além das análises microbiológicas e atividade de água.

Os pães de forma utilizados para análises foram adequadamente embalados em sacos plásticos de polietileno e armazenados por seis dias em câmara climatizada a 19,6°C e umidade relativa de 76,2%.

As análises foram realizadas desde o início até o aparecimento de fungos nas amostras.

As análises de qualidade durante o armazenamento servem para demonstrar o período de dias em que os pães de forma se mantêm com qualidade.

### **3.6.1 Análise microbiológica**

As primeiras análises a serem realizadas para avaliação da qualidade durante o armazenamento foram às análises microbiológicas, a fim de determinar quantos dias os pães podem ser consumidos sem que haja a contaminação por microorganismos indesejáveis.

As análises microbiológicas foram realizadas nos pães de forma no tempo zero e três de armazenamento.

Retirou-se, de forma homogênea, 25 g de cada amostra, compreendendo o miolo e a casca dos pães de forma. As amostras foram submetidas às análises de fungos filamentosos e leveduras, coliformes a 35°C e 45°C, *Salmonella* e *Bacillus cereus*, de acordo de Silva et al. (1997).

Esta análise foi realizada no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.6.2 Atividade de água**

A atividade de água foi determinada utilizando-se equipamento Aqualab – Decagon modelo 3 TE (Estados Unidos). As amostras, aproximadamente 5g, foram dispostas em recipientes plásticos e as leituras foram realizadas em temperatura controlada de  $25,0 \pm 1^\circ\text{C}$ . As determinações foram feitas em triplicata nos dias zero e três de estocagem dos pães de forma.

Esta análise foi realizada no Laboratório de Operações Unitária e Bioengenharia do Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### 3.7 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi composto por várias etapas, sendo considerado um delineamento estatístico para cada uma delas.

#### a) Caracterização da mucilagem de inhame liofilizada.

Para caracterizar a mucilagem de inhame liofilizada foram tomadas cinco replicatas aleatórias com as quais se determinou a média e o desvio padrão para característica do produto.

#### b) Caracterização dos pães de forma.

Para caracterizar os pães de forma o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Foram estudados nove tratamentos, sendo quatro concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e cinco de emulsificantes comerciais (SSL, CSL, DATEM, GMS e LEC).

#### c) Análise sensorial dos pães de forma

Para análise sensorial dos pães de forma, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 50 repetições (50 provadores). Foram estudados nove tratamentos, sendo, quatro deles, as diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada (0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0%) e, os cinco restantes, os emulsificantes comerciais (SSL, CSL, DATEM, GMS, LEC). As variáveis medidas foram aparência interna, aparência externa, textura e sabor. Essas variáveis foram submetidas à análise de variância 5% de probabilidade. Posteriormente à análise de variância, fez-se o teste de médias de *Scott & Knott* quando observado significância para diferenças entre tratamentos.

As variáveis (intenção de compra e impressão global) foram submetidas à Análise de Componentes Principais (ACP) (Carneiro, 2001).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando os procedimentos do programa estatístico Statistical Analysis System Institute-SAS Institute (1999), versão 8.0 licenciado para Universidade Federal de Viçosa.

d) Qualidade dos pães de forma durante o armazenamento.

Baseado nas análises anteriores, escolheu-se a melhor concentração de mucilagem de inhame liofilizada para avaliação da qualidade durante o armazenamento dos pães de forma. Foram avaliados dois tempos de prateleira (zero e três dias), com três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t.

As análises estatísticas foram realizadas pelo pacote computacional *Sisvar for Windows* (Ferreira, 1999).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento da mucilagem de inhame liofilizada

Para esse experimento foram utilizados 30 kg de tubérculos de inhame *in natura*. Depois de descascados, o peso total destes tubérculos foi de 21,542 kg, apresentando, assim, um rendimento de 71,71g 100g<sup>-1</sup> de polpa e 28,29g 100g<sup>-1</sup> de casca.

O rendimento da mucilagem de inhame liofilizada em relação ao tubérculo de inhame foi de 6,84g 100g<sup>-1</sup>.

Em trabalho anterior de Miamoto (2008) o rendimento da mucilagem de inhame liofilizada foi de 6,74g 100g<sup>-1</sup>, valor esse, semelhante ao presente trabalho. O valor encontrado mostrou-se coerente, uma vez que esse tubérculo possui em média 80g 100g<sup>-1</sup> de umidade.

### 4.2 Caracterização da mucilagem de inhame liofilizada

Na Tabela 3, estão apresentados a composição centesimal e o valor calórico médios da mucilagem de inhame liofilizada.

TABELA 3 Valores médios de umidade (U), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), cinzas (C), fibra alimentar (FA) e fração glicídica (FG) e valor calórico (VC) em g 100g<sup>-1</sup> de base seca (bs) da mucilagem de inhame liofilizada

	(g 100g <sup>-1</sup> bs)						VC (kcal 100g <sup>-1</sup> )
	U	EE	PB	C	FA	FG	
MIL	8,68	0,7	9,66	5,33	10,45	73,91	339,90
Fonseca (2006)	4,36	0,63	7,04	3,45	-	89,67	386,61
Miamoto (2008)	2,35	0,58	6,59	2,43	10,24	86,64	369,91

\*Média de 5 observações

U= umidade, EE= extrato etéreo, PB= proteína bruta, C= cinzas, FA= fibra alimentar, FG= fração glicídica, VC= valor calórico

Pode-ser observado que a mucilagem de inhame liofilizada é composta por quantidade considerável de proteína bruta, cinza (minerais) e fibra alimentar, além de grande quantidade de fração glicídica, o que contribuiu para seu valor calórico.

Em comparação ao presente trabalho, Fonseca (2006) e Miamoto (2008), trabalhando com o mesmo material, encontraram valores de umidade inferiores.

Em relação ao teor de extrato etéreo, o valor encontrado neste experimento foi superior aos estudos comparados, mas em todos os trabalhos os valores apresentam-se inferiores a 1 g 100g<sup>-1</sup>, o que demonstra que a mucilagem de inhame liofilizada apresenta valores ínfimos de teor de extrato etéreo.

O valor de proteína de mucilagem de inhame liofilizada deste trabalho foi superior ao encontrado por Fonseca (2006) e Miamoto (2008).

A respeito da fibra alimentar, Miamoto (2008) encontrou um valor muito semelhante ao presente trabalho.

Quanto à fração glicídica, no presente trabalho, o valor foi inferior aos encontrados por Fonseca (2006) e Miamoto (2008).

Na análise de valor calórico, a mucilagem de inhame liofilizada apresentou valor inferior ao encontrado no trabalho de Fonseca (2006) e Miamoto (2008).

Segundo Ketiku & Oyenuga (1973) e Brillouet et al. (1981), o estágio de maturação é um dos fatores que influenciam decisivamente as características dos produtos hortícolas. No inhame, o teor máximo de matéria seca é alcançado próximo da maturação fisiológica, enquanto que o teor máximo de proteínas ocorre bem antes do período de maturação. O maior acúmulo de amido ocorre aos seis meses após o plantio, havendo uma redução no oitavo mês. Desta forma pode ser dizer que a composição centesimal varia conforme o estágio fisiológico dos tubérculos.

Os valores de pH e acidez titulável, no presente trabalho, foram de 6,30 e de 7,48 mEq NaOH 100g<sup>-1</sup>, respectivamente, semelhante ao de Miamoto (2008), que foram de 6,67 para pH e 7,25 mEq NaOH 100 g<sup>-1</sup> para acidez titulável.

Conhecer o pH é de fundamental importância para os alimentos, pois pode ser usado como medida de controle de qualidade. Produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração, pois bactérias preferem pH mais alto para se proliferarem. Em outro aspecto, a mucilagem de inhame liofilizada está sendo estudada como emulsificante em pães, desta forma, é interessante conhecer o seu pH para verificar se haverá interferência no sabor do produto final. Alimentos, neste caso os pães, muito ácidos geralmente não são muito aceitos pelos consumidores.

A acidez de um alimento pode ser originária dos compostos naturais do alimento, ser formada pela fermentação do tipo de processamento pelo qual o

alimento passou e, ainda, ser o resultado de deterioração que o mesmo sofreu (Fernandes, 2008).

Na Tabela 4 estão apresentados os teores médios de minerais encontrados na mucilagem de inhame liofilizada.

TABELA 4 Valores médios, em matéria integral, dos macro-minerais e dos micro-minerais da mucilagem de inhame liofilizada

Macros minerais	g 100 <sup>-1</sup>
P	0,30
K	2,64
Ca	0,13
Mg	0,17
S	0,13
Micros minerais	mg Kg <sup>-1</sup>
Cu	16,45
Mn	27,25
Zn	14,45
Fe	41,2

Entre os macro-minerais, o mineral que apresentou maior teor foi o potássio, os demais macros minerais apresentaram teores inferiores a 1mg 100<sup>-1</sup>. Miamoto (2008) em seu experimento obteve percentagem de macro minerais P = 0,34 g 100<sup>-1</sup>, K = 1,97 g 100<sup>-1</sup>, Ca = 0,02 g 100<sup>-1</sup> 0,02, Mg = 0,11 g 100<sup>-1</sup>, S = 0,06 g 100<sup>-1</sup> para mucilagem de inhame liofilizada. Esses valores são semelhantes ao presente trabalho com exceção ao K, que, neste trabalho, foi superior.

Quanto aos micro-minerais, cobre e ferro apresentaram valores superiores aos encontrados por Miamoto (2008), que obteve para o mineral cobre 4,46 mg Kg<sup>-1</sup> e para o mineral ferro 28,60 mg Kg<sup>-1</sup>. O mesmo autor relatou

para o manganês  $43,36 \text{ mg Kg}^{-1}$  e para o zinco  $37,06 \text{ mg Kg}^{-1}$ , teores esses, superiores a este trabalho.

Quanto aos teores de açúcares, encontraram-se valores de açúcares totais de  $3,65 \text{ g } 100^{-1}$ , de açúcares redutores de  $1,4 \text{ g } 100^{-1}$  e para açúcares não redutores de  $2,13 \text{ g } 100^{-1}$ . A concentração de açúcares totais obtida neste estudo foi superior às concentrações obtidas por Miamoto (2008), que encontrou valor de  $0,73 \text{ g } 100^{-1}$ .

A concentração de amido no presente trabalho foi de  $59,45 \text{ g } 100^{-1}$ , superior a  $53,8367 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  do estudo de Miamoto (2008). A quantidade de amido encontrada no presente trabalho foi relevante.

Para polifenóis o estudo em questão encontrou resultado de  $278,52 \text{ mg } 100^{-1}$ , valor esse inferior ao de Miamoto (2008), que encontrou  $450,20 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ . Menores valores de polifenóis são desejáveis, uma vez que tais compostos podem trazer adstringência ao produto.

Foi detectada a presença da enzima pectinametilesterase (PME) na mucilagem de inhame liofilizada do presente estudo. Entretanto, a atividade da enzima poligalaturonase (PG) não foi observada. Essas pectinases são atribuídas à despolimerização de pectinas desestereficadas e altamente esterificadas, respectivamente.

Não foi encontrada a presença de vitamina C na mucilagem de inhame liofilizada, o que pode ser devido ao processo de liofilização ao qual a mucilagem foi submetida e ao tempo de armazenamento, já que a vitamina C é muito lábil, sensível e fotossensível. Miamoto (2008) encontrou a presença de vitamina C na mucilagem de inhame de  $2,7 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ .

#### **4.2.1 Viscosidade relativa**

O gráfico da viscosidade aparente de pasta da mucilagem de inhame liofilizada obtidos por RVA (*Rapid Visco Analyser*) está representado na Figura 11.

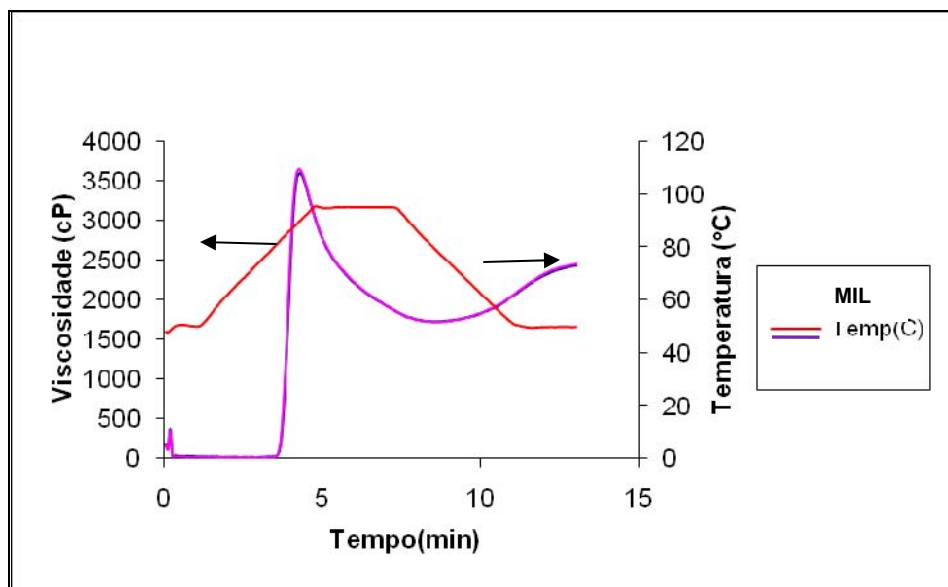


FIGURA 11 Amilograma da mucilagem de inhame liofilizada em RVA.

A viscosidade relativa da mucilagem de inhame liofilizada teve aumento brusco aos 3,33 minutos do início da análise a 17 cP que pode ter sido causado pela rápida absorção de água, comportamento característico de material rico em fibra. A viscosidade máxima 3354 cP foi atingida a 4,13 minutos, a temperatura de 87,9°C. A partir disso, como consequência da alta temperatura e da continuidade do trabalho mecânico, a viscosidade decresceu gradualmente, atingindo o máximo de 1725 cP, aos 8,33 minutos, à temperatura 81,85°C.

Ao final da análise, aos 13 minutos, quando a temperatura atingiu 49,95°C, a viscosidade da MIL aumentou, chegando a 2435 cP.

#### 4.2.2 Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)

Os espectros da mucilagem de inhame liofilizada estão representados pela Figura 12.

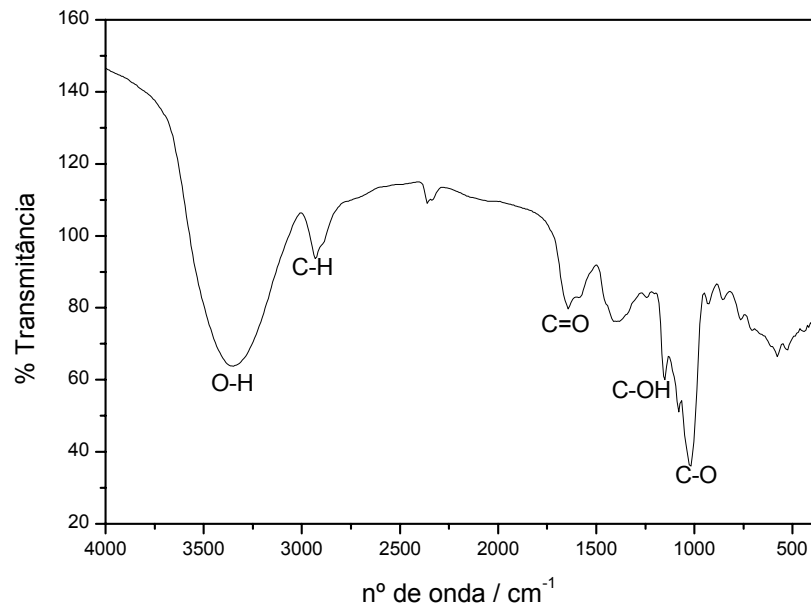


FIGURA 12 Espectros FTIR da mucilagem de inhame liofilizada.

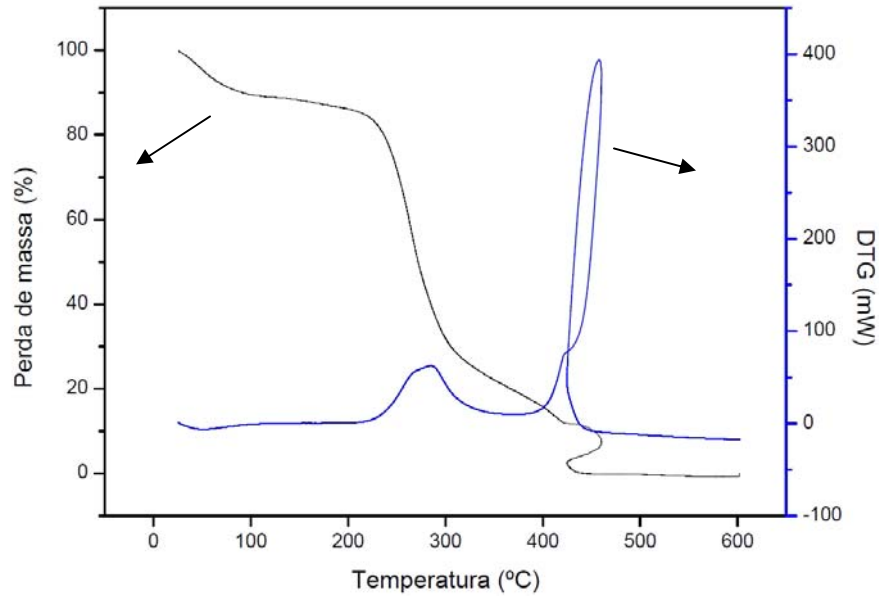
Os espectros de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier da mucilagem de inhame liofilizada estão mostrados na Figura 12. No espectro da mucilagem, a banda 3.400 a 3.300  $\text{cm}^{-1}$  pode ser atribuída ao estiramento vibracional do grupo O-H de água e alcoóis. As absorções localizadas na região de 2.950  $\text{cm}^{-1}$  até 2.800 são características de vibrações simétricas e assimétricas de grupos C-H metilas e metilenos. A absorção situada em 1680 a 1630  $\text{cm}^{-1}$  é característica de estiramento vibracional de C=O de carbonila e ou compostos aromáticos.

No intervalo de 1.050 -1.150  $\text{cm}^{-1}$ , observa-se um sinal largo, que pode ser atribuído às deformações simétricas e assimétricas do grupo C-OH.

As bandas 900  $\text{cm}^{-1}$  e 1300  $\text{cm}^{-1}$  são referente ao estiramento vibracional C-O das ligações de alcoóis, que ocorrem em 1.205  $\text{cm}^{-1}$  a 1.120  $\text{cm}^{-1}$ .

#### 4.2.3 Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG)

O gráfico da análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG) da mucilagem de inhame liofilizada esta representado na Figura 13.



onde: – TG da MIL; – DTA da MIL

FIGURA 13 Comportamento da mucilagem de inhame liofilizada sob análise térmica diferencial e termogravimétrica.

Para TG, observou-se que a primeira perda de massa do material ocorreu na temperatura próximo a 100°C, nessa primeira perda de 10% pode ter havido perda de água e compostos voláteis. A segunda perda ocorre na temperatura média de 200°C, sendo uma perda de massa acentuada, cerca de 60%. Posteriormente, o material perdeu massa até a sua completa decomposição à temperatura acima de 500°C. Anteriormente a essa temperatura, à 450°C, observa-se um fenômeno físico-químico típico desse material, um ruído no

termograma. Esse fenômeno ocorreu devido a uma rápida perda de massa, com processo endotérmico acentuado, mais rápido do que a resposta do equipamento.

Para DTA, por volta de 250°C, houve uma reação endotérmica na mucilagem de inhame liofilizada. Em temperatura de 450°C ocorreu outro fenômeno fortemente endotérmico no material.

#### 4.2.4 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

O gráfico da análise Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), da mucilagem de inhame liofilizada esta representado na Figura 14.

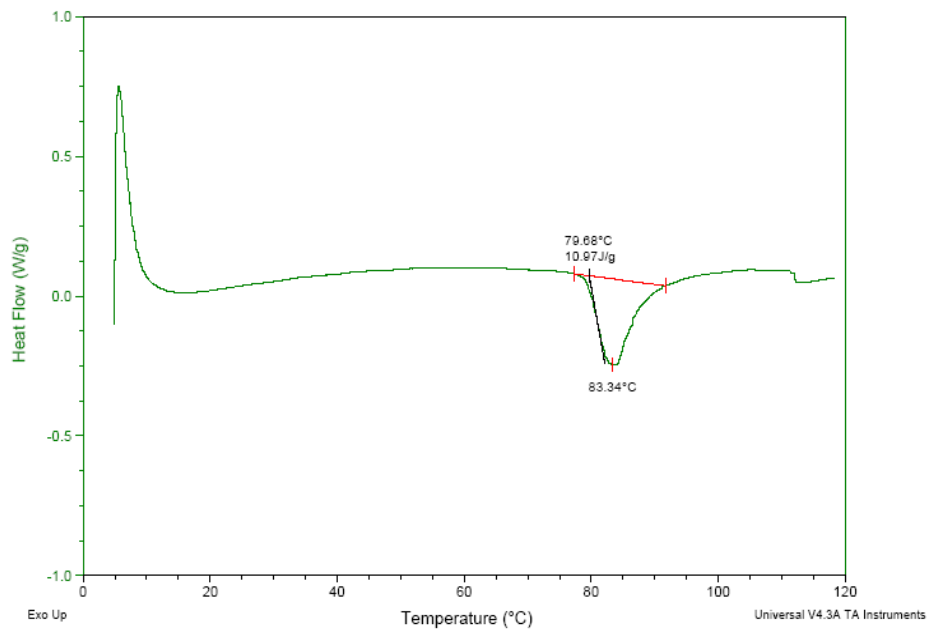


FIGURA 14 Comportamento da mucilagem de inhame liofilizada sob a calorimetria diferencial de varredura.

Conforme visto na Figura 14, a fusão cristalina ( $T_m$ ) do material mucilagem de inhame liofilizada ocorreu à temperatura de 79, 68°C. Nesta temperatura, segmentos rígidos se desagregam e se fundem.  $T_m$  é a temperatura

na qual as cadeias poliméricas saem de sua estrutura cristalina, se tornando um líquido sem ordem estabelecida.

Na fusão cristalina do material ocorreu uma curva de aquecimento de processo endotérmico.

### 4.3 Análises físico-químicas dos pães de forma

Na Tabela 5 estão representados os valores médios de volume, peso, densidade e textura dos pães de forma produzidos com adição de diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e com emulsificantes comerciais.

TABELA 5 Valores médios\* de volume (cm<sup>3</sup>), peso (g), densidade e textura (N) dos pães de forma acrescidos de emulsificantes

<b>Tratamento</b>	<b>Volume(cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Densidade</b>	<b>Textura(N)</b>
MIL 0,5%	2,43 a	514,66 a	212,02 c	13,66 b
MIL 1,0%	2,49 a	513,23 a	206,01 c	11,87 b
MIL 1,5%	2,55 a	524,93 b	205,84 c	13,26 b
MIL 2,0%	2,55 a	521,76 b	204,36 c	11,17 b
SSL	2,82 b	511,03 a	181,21 a	7,39 a
CSL	2,38 a	546,33 d	230,02 d	7,05 a
DATEM	2,68 b	529,23 c	196,99 b	9,29 a
GMS	2,84 b	525,00 b	184,74 a	14,10 b
LEC	2,72 b	533,13 c	195,55 b	7,83 a

\*Média de 3 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Para volume não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre os pães de formas acrescidos em suas formulações com mucilagem de inhame liofilizada. Os tratamentos que apresentaram maior volume foram

acrescidos dos emulsificantes GMS, SSL, LEC e DATEM, o que pode ser devido à melhor estruturação da rede de glúten. A ação da mucilagem de inhame liofilizada foi comparável ao do CSL.

É sabido que adição de glúten, agentes oxidantes, alguns emulsificantes e enzimas melhoram retenção dos gases, e conseqüentemente, o volume final dos pães de forma (Esteller, 2004).

Para análise de peso houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, tanto para os tratamentos que utilizaram em sua formulação a mucilagem de inhame liofilizada quanto para os que utilizaram emulsificantes comerciais. Dentre todos os tratamentos, os que apresentaram menor peso foram os pães de forma que utilizaram em suas formulações 0,5% e 1% mucilagem de inhame liofilizada. As outras concentrações de mucilagem de inhame propiciaram pães de forma com peso igual, estatisticamente, aos de pães de forma produzidos com GMS.

Em relação à análise de densidade, as concentrações de mucilagem de inhame até 1,5% não demonstraram variação entre si, apresentando pães de forma menos densos apenas em relação aos pães de forma com o emulsificante CSL. Pães de forma que apresentaram menor densidade foram aqueles formulados com os emulsificantes comerciais SSL e GMS. A menor densidade é mais vantajosa para os pães de forma, pois os consumidores preferem pães de forma mais leves.

Para valores de textura, podemos verificar que os tratamentos com mucilagem de inhame liofilizada não diferiam entre si, porém esses tratamentos diferiram da maioria dos tratamentos que utilizaram na sua formulação emulsificantes comerciais (CSL, SSL, LEC e DATEM). Isto pode ser devido a alguns emulsificantes apresentarem em sua composição percentagem maior de proteína e com isso melhora da rede glúten, aumentando o volume e conseqüentemente proporcionando uma maior maciez, que é inversamente

proporcional a firmeza. A mucilagem de inhame liofilizada apresenta em sua composição, quase 10% de proteína, conforme Tabela 3, apresentada nesse texto.

A textura de um alimento pode ser definida como um grupo de características físicas que provêm dos elementos estruturais do alimento (Szczesniak, 2002). Essas características ou parâmetros de textura são quantificados através das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais (Rosenthal, 1999). No caso de pães, a textura está relacionada com a umidade e a maciez do miolo, ou seja, com a qualidade do produto para o consumidor (Callejo et al., 1999), sendo este um fator imprescindível para a aceitabilidade do produto no mercado.

A Tabela 6 apresenta os valores médios de umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), pH e acidez titulável dos pães de forma acrescidos de emulsificantes.

TABELA 6 Valores médios\* de umidade, pH e acidez titulável ( $\text{mEq NaOH } 100\text{g}^{-1}$ ) dos pães de forma produzidos com adição de diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e com emulsificantes comerciais

Tratamento	Umidade $\text{g } 100\text{g}^{-1}$	pH	ATT $\text{mEq NaOH } 100\text{g}^{-1}$
MIL 0,5%	32,82 a	5,19 a	7,50 c
MIL 1,0%	33,73 a	5,24 a	7,29 b
MIL 1,5%	36,04 a	5,21 a	7,32 b
MIL 2,0%	35,03 a	5,23 a	7,57 c
SSL	28,65 a	5,57 c	7,26 b
CSL	36,06 a	5,57 c	7,16 b
DATEM	37,44 a	5,65 d	6,70 a
GMS	33,75 a	5,34 b	7,64 c
LEC	40,14 a	5,32 b	7,57 c

\*Média de 3 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Os valores de umidade dos pães de forma contendo mucilagem de inhame liofilizada não diferiram dos resultados de pães de forma contendo emulsificantes comerciais, resultando no valor médio de  $34,85g100^{-1}$ . Fonseca (2006) encontrou média de 28,15% para valor de umidade em pães de forma acrescidos de mucilagem de inhame liofilizada.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2000), o teor máximo de umidade para pães feitos com farinha de trigo é de 38%. Esteller et al. (2006) encontraram uma umidade média de 30% em pães de forma tradicionais. A alta umidade nos pães de forma deixa-os com aspecto não muito agradável ao consumidor, pois se observa nesses produtos uma aparência de pães borrachudos. Porém, pães de forma com umidade, dentro da legislação, traduzem-se como pães frescos, o que, muitas vezes, também está associado a pães macios.

Para valores de pH, entre os pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada, não houve variação significativa. Esses tratamentos, apresentaram pH menor que os emulsificantes comerciais. O tratamento que apresentou maior pH foi o pão de forma adicionado do emulsificante DATEM.

Os tratamentos que apresentaram maior acidez titulável foram aqueles acrescidos de 0,5% e 2,0% de mucilagem de inhame liofilizada e aqueles adicionados de emulsificantes comerciais GMS e LEC.

Fonseca (2006) adicionando mucilagem de inhame liofilizada em pães de forma encontrou valores de pH 4,53 e valores de acidez titulável de 4,48, sendo inferiores ao presente trabalho.

Vale ressaltar o quão importante são as análises de pH e acidez titulável para verificar a qualidade microbiológica do produto, neste caso, pães de forma. Também é interessante verificar o atributo sabor, já que os extremos de valores de pH poderão influenciar no gosto dos pães de forma.

Tais análises também foram realizadas na mucilagem de inhame liofilizada, pois a mucilagem esta sendo estudada para servir de aditivo em pães de forma, desta maneira, procurou-se investigar se a mesma influenciava no produto final, os pães de forma.

#### 4.3.1 Análise de cor

Na Tabela 7, estão representados os valores médios da diferença de cor ( $\Delta E^*$ ) da crosta, cor do miolo e cor do lastro, dos pães de forma acrescidos de emulsificantes.

TABELA 7 Valores médios\* da diferença de cor dos pães de forma, em relação à cor da crosta, cor do miolo e cor do lastro em pães de forma produzidos com adição de diferentes concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e com emulsificantes comerciais

Tratamento	Cor da crosta	Cor do miolo	Cor do lastro
MIL 0,5%	52,36 a	23,62 a	44,65 b
MIL 1,0%	52,89 a	26,80 b	49,83 b
MIL 1,5%	50,92 a	20,76 a	38,25 a
MIL 2,0%	50,80 a	22,75 a	48,07 b
SSL	56,63 c	22,38 a	51,36 b
CSL	54,59 b	21,02 a	33,33 a
DATEM	53,27 a	21,68 a	48,39 b
GMS	53,30 a	20,24 a	49,15 b
LEC	51,10 a	21,03 a	45,18 b

\*Média de 3 replicatas  $\pm$  desvio padrão.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Quanto à determinação da diferença de cor da crosta, os tratamentos com os pães de forma acrescidos dos emulsificantes comerciais CSL e SSL diferiam dos demais tratamentos, sendo que o emulsificante SSL apresentou diferença de cor, maior ainda, do que o CSL, em relação à placa branca.

Em relação à cor do miolo, o único tratamento que diferiu dos demais foi o tratamento 1% MIL. Esse tratamento obteve um  $\Delta E$  maior em relação à placa branca. Para uma análise mais precisa, a avaliação da cor deve ser feita em superfícies recentemente cortadas, pois o miolo tende a escurecer um pouco após exposição prolongada da superfície cortada (El-Dash, 1994).

Em relação à cor do lastro, tratamentos que obtiveram menor  $\Delta E$  em relação placa branca foram os tratamentos que utilizaram em suas formulações os emulsificantes CSL e MIL 1,5%. Esses tratamentos diferiam estatisticamente dos demais. Abaixo, nas Figuras 15, 16 e 17, estão representados os valores de cor da crosta, cor do miolo e cor do lastro dos pães de forma.

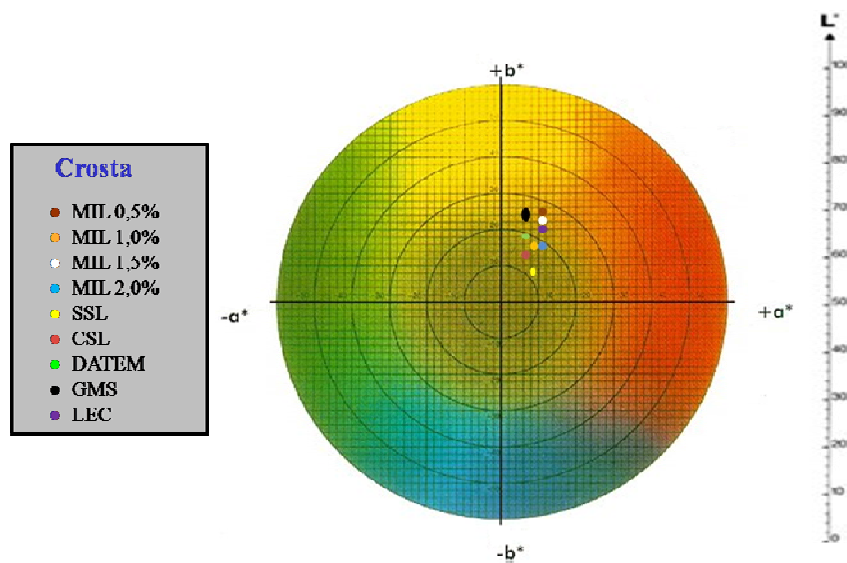


FIGURA 15 Valores de cor L, a\* e b\* da crosta dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais.

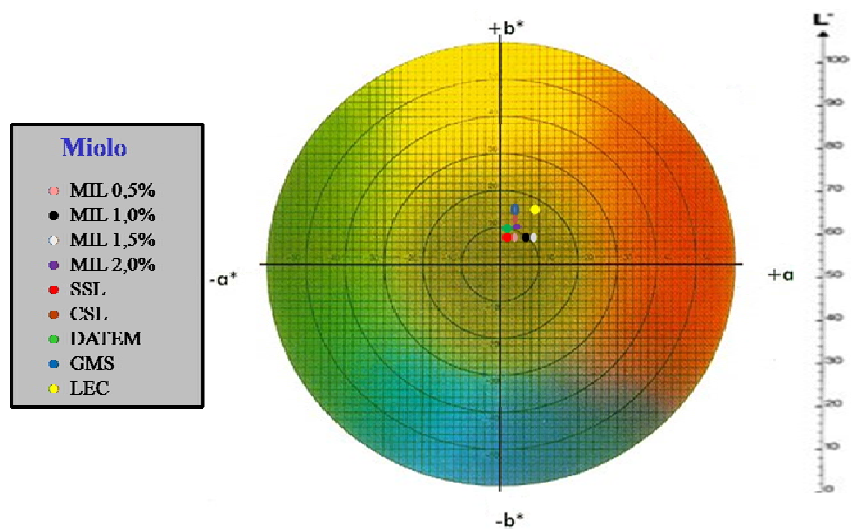


FIGURA 16 Valores de cor  $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do miolo dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais.

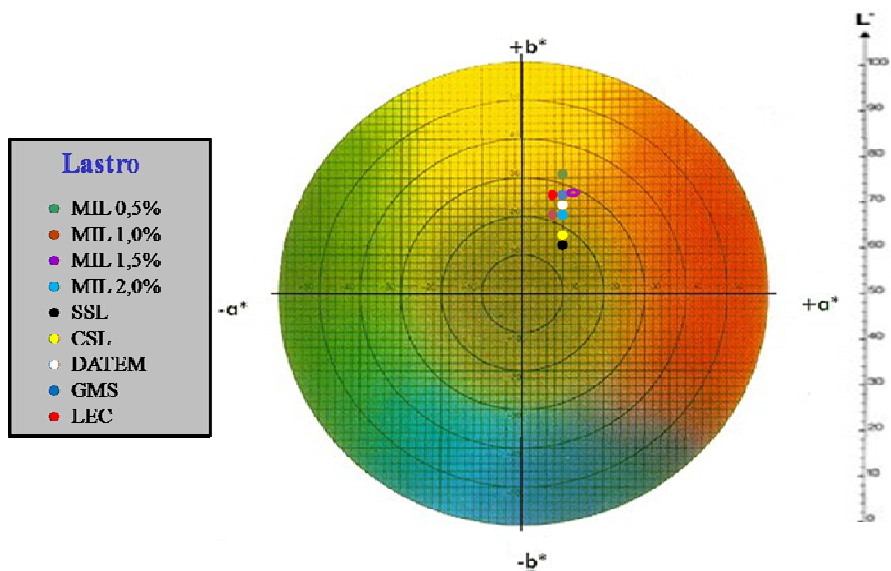


FIGURA 17 Valores de cor  $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do lastro dos pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificante comerciais.

#### 4.3.2 Análise sensorial

A Tabela 8 apresenta as notas de aceitação dadas pelos provadores para as características de sabor, textura, aparência interna, aparência externa dos pães de forma.

TABELA 8 Notas de aceitação\* dos atributos sabor, textura, aparência interna e aparência externa dos pães de forma

Tratamento	Sabor	Textura	AI	AE
MIL 0,5%	7,32 a	6,96 a	7,24 b	7,66 c
MIL 1,0%	7,30 a	7,12 a	7,38 b	6,96 b
MIL 1,5%	7,38 a	7,36 a	7,82 c	7,62 c
MIL 2,0%	7,08 a	7,00 a	7,72 c	7,78 c
SSL	6,76 a	6,86 a	6,64 a	4,78 a
CSL	7,54 a	7,42 a	7,90 c	7,38 b
DATEM	7,14 a	7,16 a	7,06 b	7,12 b
GMS	7,32 a	7,50 a	8,00 c	7,96 c
LEC	7,06 a	7,24 a	7,40 b	7,06 b

\*Média de 50 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Para sabor e textura, não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos. Os pães apresentaram, segundo os provadores, a mesma aceitação em relação a sabor e textura, sendo as médias das notas dadas situadas entre conceitos gostei ligeiramente (6) e gostei muito (8). Pode-se dizer que a mucilagem de inhame liofilizada obteve o mesmo patamar de aceitação em relação aos emulsificantes comerciais quanto ao sabor e a textura.

O parâmetro de textura é uns dos mais importantes parâmetros analisados neste estudo. Verificou-se que a adição da mucilagem de inhame

liofilizada na elaboração dos pães de forma tem o mesmo resultado de aceitação que os pães que receberam em sua formulação emulsificantes comerciais. De acordo com essa avaliação, pode-se substituir o emulsificante comercial por mucilagem de inhame liofilizada sem perda na aceitação de textura e sabor dos pães.

Já para análise instrumental de textura, verificou diferença entre os tratamentos, observando-se que os tratamentos com a adição de mucilagem de inhame liofilizada podem ser comparados ao tratamento com o emulsificante comercial GMS.

Na análise de aparência interna, os pães de forma que receberam na sua formulação a mucilagem de inhame liofilizada nas concentrações de 1,5 % e 2% e os emulsificantes comerciais CSL e GMS foram os que obtiveram as melhores notas de aceitação, diferindo dos demais tratamentos, ao nível de 5% de significância. As notas médias recebidas por esses tratamentos são equivalentes a gostei moderadamente (7) e gostei muito (8).

No atributo aparência externa (AE), os pães de forma que apresentaram as maiores médias de notas foram os pães formulados com o emulsificante comercial GMS e a mucilagem de inhame liofilizada nas concentrações 0,5%, 1,5% e 2%. Esses pães diferiram dos demais ( $p \leq 0,05$ ), recebendo na avaliação dos provadores notas médias que equivalem a gostei moderadamente (7) a gostei muito (8). A menor nota de aceitação AE foi para o tratamento em que se adicionou o emulsificante SSL, o qual recebeu notas que equivalem desgostei ligeiramente.

#### **4.3.2.1 Mapa de preferência interno de aceitação quanto a impressão global**

O Mapa de Preferência Interno foi efetuado utilizando os dados obtidos no teste de aceitação para impressão global com os dados obtidos no teste com

escala de intenção de compra das nove amostras de pães de forma acrescidos de emulsificantes.

O Mapa de Preferência Interno gerou um espaço bidimensional por meio de componentes principais, que juntos explicaram 82,7% da variação existente entre as amostras de pães de forma adicionados de emulsificante em relação a impressão global. O primeiro componente explicou 52,20% e o segundo componente explicou 30,50% (Figura 18).

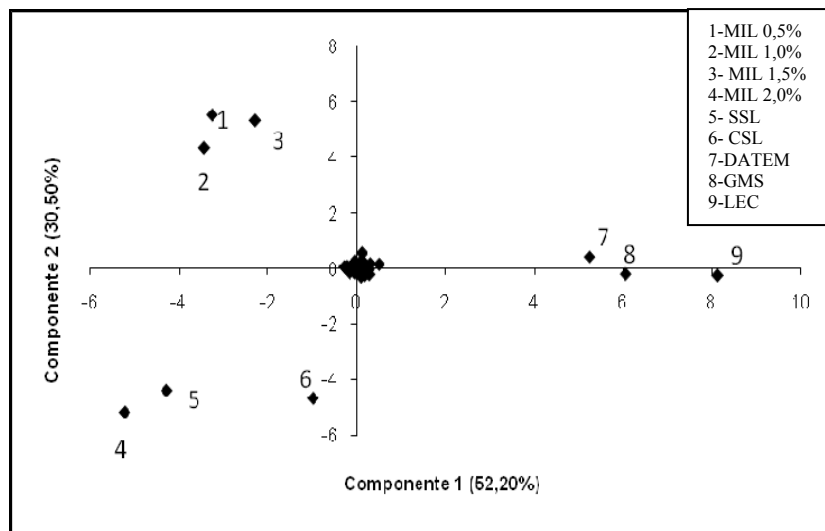


FIGURA 18 Mapa de Preferência Interno para as amostras de pães de forma adicionados de emulsificantes em relação à impressão global.

Observa-se que os consumidores estão alocados na região central do gráfico, conseqüentemente contribuíram pouco para discriminar as amostras em relação à impressão global. Dessa forma pode se observar que para os consumidores as amostra apresentaram a mesma aceitação pelo conjunto de atributos. Pode se sugerir que tanto os pães acrescidos de concentrações de mucilagem de inhamo liofilizada quanto os pães de forma acrescidos de emulsificantes comerciais apresentaram o mesmo desempenho para o atributo impressão global.

Porém a localização dos tratamentos sugere que os pães de forma acrescidos de emulsificante DATEM, GMS e LEC obtiveram maior desempenho quanto à impressão global. Já os tratamentos com os pães adicionados de MIL 2% e com emulsificantes comerciais SSL e CSL apresentaram desempenho menos satisfatório e de menor aceitação.

#### 4.3.2.2 Mapa de preferência interno de aceitação quanto à intenção de compra

O Mapa de Preferência Interno foi efetuado utilizando os dados obtidos no teste com escala de intenção de compra das nove amostras pães de forma acrescidos de emulsificantes.

Os dois componentes principais explicam 71,23% da variação em relação à intenção de compra, o primeiro componente principal explica 46,64% e o segundo explica 24,59%.

Na Figura 19, observa-se a dispersão das amostras, as quais estão identificadas com números, bem como a dispersão dos consumidores no espaço bidimensional, representadas pelos dois componentes principais.

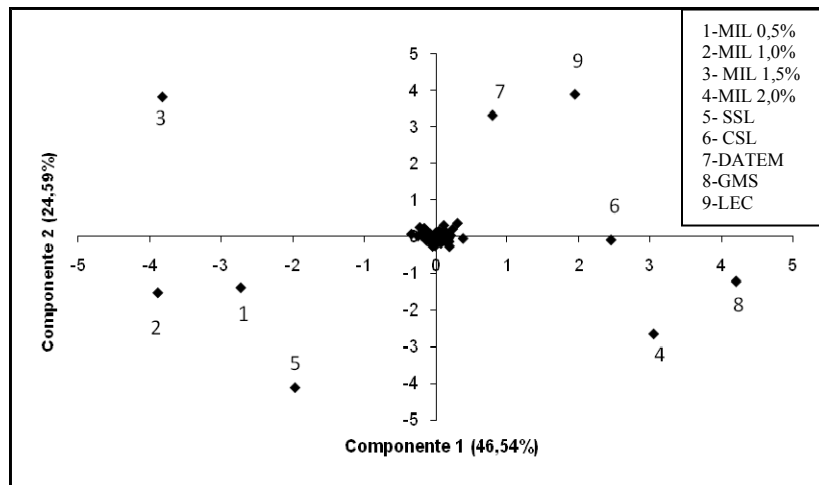


FIGURA 19 Mapa de Preferência Interno para as amostras de pães de forma acrescidos de emulsificante em relação à intenção de compra.

Observa-se que não houve grande dispersão dos consumidores os quais ficaram alocados na região central do gráfico, indicando que os mesmos não manifestaram grandes diferenças na intenção de compra em relação às amostras. Desta forma, os pães de forma avaliados apresentaram intenções de compra semelhantes entre si.

Porém na região onde estão alocados os tratamentos com os pães de forma adicionados de emulsificantes comerciais DATEM e LEC verifica-se uma tendência de melhor aceitação em relação aos outros tratamentos para a intenção de compra. Já os tratamentos com os pães adicionados de MIL 0,5%, MIL 1,0% e o emulsificante comercial SSL apresentaram menor aceitação em relação à intenção de compra.

#### **4.3.2.3 Mapa de coordenadas de atributos de aceitação**

Na Figura 20, verifica-se a distribuição das amostras em relação aos atributos avaliados quanto a aceitação. Quanto mais próximo o tratamento estiver do atributo, melhor desempenho do tratamento em relação à característica.

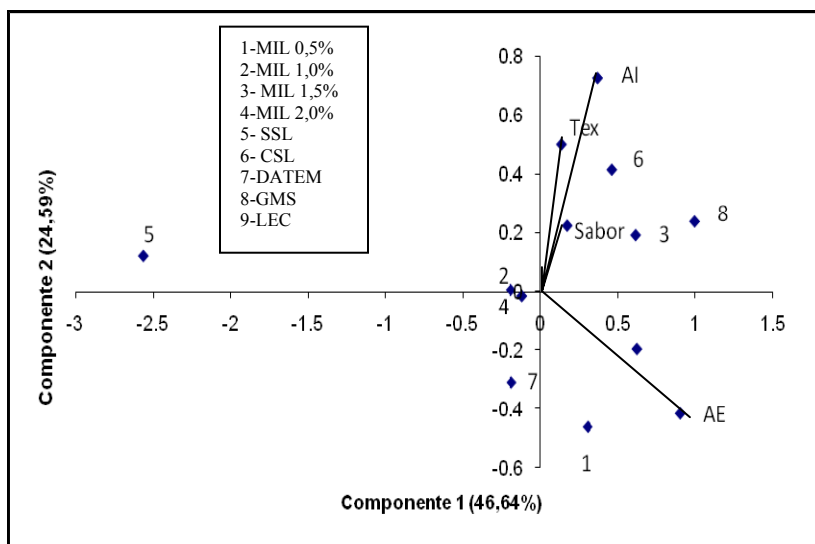


FIGURA 20 Coordenadas de atributo de aceitação.

O primeiro componente principal explicou com 46, 64% da variação existente e o segundo componente principal explicou com 24,59%.

Verifica-se no gráfico que o atributo sabor está mais próximo do tratamento 3 (1,5% de mucilagem de inhame liofilizada), e 6 (emulsificante SSL), isso significa que esses tratamentos foram mais aceitos em relação à essa característica. Entretanto, vale realçar que o atributo sabor apresenta um menor vetor, isto significa que essa característica é pouco expressiva para decidir a aceitação do produto pelos provadores.

Em relação à aparência externa, os tratamentos que mais se aproximam do vetor são o tratamento 4 e o tratamento 1, ambos de mucilagem de inhame liofilizada, 0,5% e 2%, respectivamente. Mostrando o melhor desempenho desses tratamentos em relação à aparência externa.

O tratamento 6 (emulsificante CSL) foi o mais próximo das característica aparência interna e textura, indicando maior aceitação nestes atributos avaliados.

Como se pode verificar, o tratamento 5 (emulsificante SSL) é o mais isolado no gráfico, o que significa que esse tratamento apresentou menor aceitação pelos provadores, em relação às características avaliadas.

#### 4.3.3 Qualidade tecnológica dos pães de forma

Na Tabela 9, estão descritas as notas dadas para as características externas dos pães de forma elaborados com a adição de concentrações de mucilagem de inhame liofilizada e emulsificantes comerciais, por provadores, com base em característica de qualidade pré-definida.

TABELA 9 Características de qualidade tecnológica dos pães de forma\* com a adição de emulsificantes

<b>Tratamento</b>	<b>Volume</b>	<b>Cor crosta</b>	<b>Quebra</b>	<b>Simetria</b>
MIL 0,5%	15,85 a	7,85 b	3,71 a	3,57 b
MIL 1,0%	18,71 b	8,85 b	4,00 a	4,28 b
MIL 1,5%	19,14 b	9,14 b	3,85 a	3,71 b
MIL 2,0%	15,14 a	6,57 a	3,14 a	2,28 a
SSL	15,42 a	5,28 a	3,42 a	2,14 a
CSL	17,14 b	5,00 a	2,85 a	2,14 a
DATEM	17,57 b	7,57 b	3,71 a	3,28 b
GMS	18,57 b	8,71 b	4,14 a	4,14 b
LEC	15,28 a	7,28 b	3,28 a	3,00 a
<b>Valores máximos de referência</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

\*Média de 7 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Para o volume, houve diferença significativa a 5% de probabilidade, sendo que os pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada na concentração 1% e 1,5% e os emulsificantes comerciais CSL e DATEM obtiveram as melhores médias. Na análise instrumental de volume, verificou-se que os tratamentos que apresentaram maiores volume foram os acrescidos de

emulsificante GMS, SSL, LEC e DATEM. O único tratamento que obteve ambos, maior nota para volume e maior volume, foi o tratamento com emulsificante DATEM.

Quanto ao parâmetro cor da crosta e simetria, os pães de forma que não obtiveram um aproveitamento tão bom foram os crescidos de SSL, CSL e 2% de MIL. Esses pães (SSL e CSL) apresentaram uma crosta mais escura segundo análise de cor instrumental. Vale ressaltar que todos os pães de todos os tratamentos tiveram o mesmo tempo de forno e os mesmo ingredientes na formulação só variando o emulsificante. A cor da crosta deve ser dourada, homogênea e brilhante (El-Dash, 1982).

No quesito quebra, os pães de forma apresentaram média geral de 3,57, considerada satisfatória em relação ao valor máximo de referência. A quebra ocorre durante o cozimento no forno; os gases e o vapor de água desenvolvidos dentro da massa causam um crescimento repentino, o que resulta na abertura das partes laterais da massa. A quebra é desejável, pois contribui para a aparência do pão (El-Dash, 1982).

A avaliação da simetria pode ser feita dividindo-se imaginariamente o pão em duas partes, comparando-se suas laterais. Os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram os tratamentos que utilizaram em suas formulações a mucilagem de inhame liofilizada nas concentrações 0,5%, 1% e 1,5% e os emulsificantes comerciais GMS e LEC.

As características internas para os pães de forma elaborados com a adição de emulsificantes estão descritas na Tabela 10.

TABELA 10 Valor das notas e das médias das características internas dos pães de forma acrescidos de emulsificantes

<b>Tratamento</b>	<b>Carac. crosta</b>	<b>Cor miolo</b>	<b>Tex.do miolo</b>	<b>Est. do miolo</b>
MIL 0,5%	4,57 b	9,00 a	8,28 a	8,14 a
MIL 1,0%	4,42 b	9,28 a	8,28 a	8,14 a
MIL 1,5%	4,42 b	9,00 a	9,00 a	8,71 a
MIL 2,0%	4,00 b	8,57 a	7,28 a	7,85 a
SSL	3,14 a	8,28 a	9,00 a	8,14 a
CSL	3,28 a	8,42 a	9,42 a	8,14 a
DATEM	4,14 b	8,42 a	9,28 a	8,85 a
GMS	4,71 b	9,71 a	9,85 a	8,28 a
LEC	4,28 b	8,42 a	8,00 a	8,14 a
<b>Valores de referência</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

\*Média de 7 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Em relação à crosta, a maioria dos tratamentos obteve notas boas, bem próximas da nota máxima 5, exceto os tratamentos SSL e CSL. As crostas, nestes tratamentos, estavam duras e secas. Para a crosta ser considerada boa é necessário que seja fina e não dura ou borrachenta.

Quanto à característica cor, textura e estrutura do miolo, os pães de forma não apresentaram diferença entre si e obtiveram média geral de 8,79; 8,71 e 8,27, respectivamente, médias consideradas boas, já que o valor máximo é de 10 pontos.

Um miolo macio, branco (levemente creme) e sem estrias ou manchas é considerado o melhor (El-Dash, 1982).

Para textura do miolo, a característica desejável é que o pão apresente estrutura macia e elástica, sendo indesejável uma textura desigual, grossa e maçuda (El-Dash, 1982).

Para El-Dash (1982), a estrutura da célula do miolo deve ser bem homogênea com células levemente alongadas (forma oval) com paredes finas e sem buracos para ser considerada boa.

As notas médias para aroma e gosto dos pães de forma elaborados com adição de mucilagem de inhame liofilizada e de emulsificantes comerciais estão representadas na Tabela 11.

TABELA 11 Valor das notas e das médias\* do aroma e do gosto dos pães de forma acrescidos de emulsificantes

<b>Tratamento</b>	<b>Aroma</b>	<b>Gosto</b>
MIL 0,5%	9,42 b	12,57 a
MIL 1,0%	9,57 b	14,00 a
MIL 1,5%	9,28 b	13,57 a
MIL 2,0%	9,42 b	13,14 a
SSL	8,28 a	13,42 a
CSL	9,28 b	13,71 a
DATEM	8,85 a	12,00 a
GMS	9,71 b	13,00 a
LEC	8,28 a	12,57 a
<b>Valores máximos de referência</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

\*Média de 7 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Para o atributo aroma, houve diferença significativa a 5% de probabilidade, sendo que pães de forma adicionados de emulsificantes SSL, DATEM e LEC não obtiveram notas tão boas quanto os demais tratamentos. Esses emulsificantes têm em comum a constituição com lipídio.

Os pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada foram os que apresentaram maiores médias.

Para a característica gosto, todos os pães foram iguais estatisticamente, apresentando a média de 13,11, consideradas muito boas, já que a pontuação

máxima é de 15. A característica gosto é uma das mais importantes para o consumidor.

A Tabela 12 apresenta as notas da avaliação global da qualidade tecnológica dos pães de forma.

TABELA 12 Valores médios das notas da avaliação global da qualidade tecnológica dos pães de forma acrescidos de emulsificantes

<b>Tratamento</b>	<b>Notas médias</b>	<b>Classificação</b>
MIL 0,5%	84,13	Bom
MIL 1,0%	89,40	Bom
MIL 1,5%	89,71	Bom
MIL 2,0%	76,99	Regular
SSL	75,99	Regular
CSL	80,14	Bom
DATEM	83,57	Bom
GMS	90,42	Muito bom
LEC	78,12	Regular

Conforme visto na Tabela 12, os pães de forma que apresentaram maiores desempenhos foram os pães de forma adicionados do emulsificante GMS. Também obtiveram resultados bons os pães de forma acrescidos de 0,5%, 1,0%, 1,5% de mucilagem de inhame liofilizada e aqueles acrescidos dos emulsificantes comerciais CSL e DATEM.

#### **4.4 Qualidade dos pães de forma durante o armazenamento**

Antes de realizar as análises de qualidade durante o armazenamento, foi feita a escolha do melhor tratamento, que levou em consideração o melhor resultado obtido nas análises anteriores (volume, peso, densidade, textura, umidade, pH, acidez titulável, cor e qualidade do pão).

Dentre as concentrações de mucilagem de inhame liofilizada adicionadas aos pães de forma, a porcentagem mais apropriada como emulsificante natural foi a de 1%. As análises de qualidade durante o armazenamento foram, então, realizadas nos pães de forma adicionados de MIL nesta concentração. Após o assamento e o resfriamento à temperatura ambiente, os pães de forma foram embalados em sacos de polietileno de média densidade e armazenados à temperatura e umidade controladas (17,6°C de temperatura e umidade de 76%), por seis dias.

#### 4.4.1 Análise microbiológica

As análises microbiológicas realizadas nos pães acrescidos da mucilagem de inhame liofilizada estão representadas na Tabela 13.

TABELA 13 Resultados de coliformes 35°C e 45°C, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* e de fungos e leveduras no pão de forma de acordo com os dias de estocagem

Tempo (dias)	Coliforme 35°C (NMP/g)	Coliforme 45°C (NMP/g)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	<i>Salmonella</i> (em 25g)	Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)
0	<0,3	<0,3	ausência	ausência	<0,3
3	<0,3	<0,3	ausência	ausência	<0,3
*	5x10		5x10 <sup>2</sup>	ausência	

\*RDC nº 12; ANVISA (2001)

As análises mostraram ausência de coliformes totais, coliformes termotolerantes (<0,3), *Bacillus cereus* e *Salmonella*, comparados aos padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), conforme a resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. Pode-se concluir que, durante os três primeiros dias de estocagem, os pães de forma acrescidos de mucilagem de inhame liofilizada estavam aptos para o consumo, porém no sexto dia de armazenamento os pães apresentaram visivelmente o crescimento de fungos, não

podendo ser mais consumidos, dispensando a necessidade de se realizar as análises microbiológicas. Como as análises microbiológicas foram realizadas a cada três dias, não se pode afirmar com certeza quando o crescimento dos fungos ocorreu, o mais seguro foi considerar o armazenamento dos pães de forma por até três dias.

O grande problema do crescimento fúngico em alimentos é a produção de micotoxinas, que podem causar problemas de saúde em consumidores do produto (Caldas et al., 2002). São considerados como fungos deterioradores da qualidade de pães, segundo Samson et al. (2000), os seguintes: *Aspergillus flavus*, *Penicillium roquefort*, *Penicillium carneum*, *Eurotium repens* e *Eurotium rubrum*, entre outros.

Na Figura 21, está representado a o pão de forma adicionado com 1% de mucilagem de inhame com a presença de fungo.



FIGURA 21 Pão de forma acrescido de 1% de mucilagem de inhame liofilizada apresentando contaminação fúngica.

#### 4.4.2 Umidade

Para os valores de umidade dos pães com adição de 1% de mucilagem de inhame liofilizada em função do tempo de armazenamento, não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade. A média obtida por esses pães foi de  $35,54\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , dessa maneira pode-se observar que o atributo umidade não foi influenciado pelos dias de armazenamento.

A mucilagem de inhame liofilizada foi capaz de reter a umidade dos pães de forma.

#### 4.4.3 Atividade de água

Na Tabela 14 estão representados os teores médios de atividade de água em função dos dias de armazenamento.

TABELA 14 Valores médios\* de atividade de água em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento

Tempo de armazenamento	Atividade de água
0	0,93 a
3	0,96 b

\*Média de 3 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

A atividade de água dos pães de forma acrescidos de 1% de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento aumentou.

A atividade de água ( $a_w$ ) tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos (Alzamora, 1984), uma vez que expressa o teor de água que se encontra no estado livre, servindo de meio para proliferação de microorganismos indesejáveis.

#### 4.4.4 pH

Os pães de forma acrescidos de 1% de mucilagem de inhame liofilizada não apresentaram diferença para pH em relação aos dias de armazenamento. A média obtida por esses pães foi de 5,26.

#### 4.4.5 Acidez titulável

Na Tabela 15 estão representados os teores médios de acidez titulável em pães de forma elaborados com adição de 1% de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento. Com o aumento dos dias, a acidez titulável diminuiu.

TABELA 15 Valores médios\* de acidez titulável em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento

<b>Tempo de armazenamento</b>	<b>Acidez Titulável</b>
<b>0</b>	8,51 a
<b>3</b>	7,95 b

\*Média de 3 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

#### 4.4.6 Textura

Os valores de texturas dos pães com adição de 1% de mucilagem de inhame liofilizada aumentou com o tempo de armazenamento (Tabela 16), o que não é desejável, mas é aceitável com o decorrer do tempo, pois ocorre o fenômeno de retrogradação nos pães de forma.

TABELA 16 Valores médios\* de textura em pães de forma produzidos com adição de mucilagem de inhame liofilizada em função dos dias de armazenamento

<b>Tempo de armazenamento</b>	<b>Textura</b>
0	1,16 a
3	1,85 b

\*Média de 3 replicatas.

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade.

Observou-se um aumento das médias de firmeza (N) dos pães de forma à medida que se aumentou o período de armazenamento. Pode-se concluir que o tempo de armazenamento influenciou negativamente na textura dos pães.

A retrogradação está associada diretamente com o processo de envelhecimento dos pães. Os emulsificantes atuam reduzindo a velocidade da retrogradação do amido, o que beneficia a manutenção da maciez dos pães durante a estocagem (Cichello, 2009).

A amilose (fração linear do amido) possui uma estrutura helicoidal, com a qual a cadeia lipofílica do emulsificante pode interagir facilmente, formando um complexo amilose-emulsificante. Assim, a porção complexada pelo emulsificante não se recristaliza e não contribui para o endurecimento do miolo do pão. Este modelo explica a retrogradação da amilose que se completa num período de aproximadamente 24 horas após o resfriamento dos pães (Cichello, 2009).

#### **4.4.7 Cor**

A cor ( $\Delta E$ ) da crosta, do miolo e do lastro dos pães de forma elaborados com 1% de mucilagem de inhame liofilizada apresentaram valores médios de 47,31; 28,25 e 35,21 respectivamente, não se alterando, portanto, durante os três dias de armazenamento.

#### **4.4.8 Análise Sensorial**

Houve diferença significativa quanto ao tempo de armazenamento dos pães de forma elaborados com 1% de mucilagem de inhame liofilizada apenas para o parâmetro aparência externa. No tempo 0, o valor foi de 6,68 (“gostei ligeiramente”) aumentando para 8,02 (“gostei muito”).

Para aparência interna, a média foi de 7,7 (“gostei moderadamente”), para sabor foi de 7,66 (“gostei moderadamente”), para impressão global foi de 7,43 (“gostei moderadamente”) e para intenção de compra foi de 4,17 (“provavelmente compraria”). Para esses atributos, as médias dos dois tratamentos foram semelhantes, não existindo diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre os pães de forma armazenados com o tempo 0 e o tempo 3. Esses pães de forma obtiveram, de maneira geral, notas que equivalem a “gostei moderadamente” pelos provadores, que também informaram, em resposta a intenção de compra, que provavelmente comprariam o produto.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que foi realizado o presente trabalho, os resultados obtidos permitiram concluir que:

A mucilagem de inhame liofilizada é alternativa eficaz de emulsificantes naturais para ser utilizado em pães de forma.

A mucilagem de inhame liofilizada apresenta elevado teor de proteína bruta e fibra alimentar, menor valor fração glicídica e valor calórico.

A mucilagem de inhame liofilizada apresenta constituição rica em minerais principalmente de potássio e cobre além de outros minerais.

A mucilagem de inhame apresenta alta concentração de amido, e ínfimo teor de polifenóis.

Em relação ao seu comportamento nas análises térmicas, especificamente na análise termogravimétrica, a mucilagem de inhame demonstra maior perda de massa (cerca de 60%) à temperatura média de 200°C, o que inviabiliza o seu uso acima desta temperatura.

Os pães de forma adicionados de mucilagem de inhame liofilizada apresentam resultados para características sensoriais tão bons quantos os pães de forma adicionados de emulsificantes comerciais.

Na qualidade tecnológica, a maioria dos pães acrescidos de mucilagem de inhame liofilizada e os pães acrescidos de emulsificantes comerciais obtiveram atributos de qualidade com conceitos satisfatórios, o que viabiliza a utilização da mucilagem.

Dentre as concentrações de mucilagem de inhame liofilizada adicionadas ao pão de forma, a concentração mais apropriada para uso como emulsificante natural é de 1%, baseado nos parâmetros de umidade, pH, acidez titulável, cor, volume, textura, análise sensorial e qualidade do pão.

A atividade de água, a textura e acidez titulável dos pães de forma com 1% de MIL se alteraram durante o armazenamento.

Para armazenamento seguro, os pães de forma adicionados de 1% de MIL podem ser estocados por até três dias, sob condições ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 12**, de 18 de outubro de 2001. Legislação específica de alimentos, regulamentados técnicos por assunto. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1307>>. Acesso em: 10 maio 2009.
- ALZAMORA, S. M. Preconservacion de frutas por métodos combinados. In: CONGRESSO MUNDIAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2., 1984, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Atheneo, 1984. p. 41.
- ARAÚJO, F. C. de. **Aspectos sobre o cultivo do inhame-da-costa**. Recife: EMATER-PE, 1982. 33 p. (Boletim Técnico, 29).
- ARCHER DANIELS MIDLAND LECITHIN. **Release with ADM Lecithin**. Decatur, 1997. 4 p. Folder.
- ARCHER DANIELS MIDLAND LECITHIN. **Emulsifying with ADM Lecithin**. Decatur, 1999. 4 p. Folder.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO. **Perfil de mercado**. Brasília, 2009. Disponível em <<http://www.abip.org.br>>. Acesso em: 10 abr. 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. v. 2, 1298 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 16. ed. Washington, 1995. v. 2, 1094 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17. ed. Washington, 2000. v. 2, 1175 p.

BÁGUENA, R.; SORIANO, M. D.; MARTÍNEZANAYA, M. A.; BARBER, C. B. de. Viability and performance of pure yeast strains in frozen wheat dough. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1690-1694, Dec. 1991.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 428-433, abr./jun. 2006.

BERNAL, A.; COUTO, A. B.; BREVIGLIERI, S. T.; CAVALHEIRO, E. T. G. Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais –DSC. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 5, p. 849-855, set./out. 2002.

BORNSCHEUER, U. T. Lipase catalysed synthesis of monoacylglycerols. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 17, n. 7, p. 578-586, July 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, v. 55, n. 3, out. 2000. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1307>>. Acesso em: 24 abr. 2006.

BRILLOUET, J. M.; TRECHE, S.; SEALY, L. Alterations in cell wall constituents of yams *dioscorea dumetorum* and *D. rotundata* with maturation and storage conditions, relation with post harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 1964-1967, Nov./Dec. 1981.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of wooliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 18-22, 1978.

CALDAS, E. D.; SILVA, S. C.; OLIVEIRA, J. N. Aflotoxinas e ocratoxinas A em alimentos e riscos para a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 3319-3323, jun. 2002.

CALLEJO, M. J.; GIL, M. J.; RODRÍGUEZ, G.; RUIZ, M. V. Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A**, Berlin, v. 208, n. 1, p. 27-32, Jan. 1999.

CALVEL, R. **O pão francês e os produtos correlatos**: tecnologia e prática da panificação. Fortaleza: J.Macêdo, 1987. 287 p.

CAMARGO, C. R. O.; CAMARGO, C. E. G. Trigo: avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 169-181, abr. 1987.

CARNEIRO, J. C. S. **Processamento industrial de feijão e avaliação sensorial, descritiva e mapa preferência**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Fabricacion de pan**. Zaragoza: Acribia, 2002. 419 p.

CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P.; PALMA, E. J.; ANDRADE, M. A. Alternativas de emulsificantes para a qualidade de massas alimentícias. In: SEMINÁRIO MASSAS FRESCAS E SEMIPRONTAS, 1., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2000. p. 37-48.

COLACASIA esculenta inhame-selvagem. Disponível em: <<http://www.plantamed.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2005.

DAVIS, E. W. Shelf-life studies on frozen doughs. **Bakers' Digest**, Kansas, v. 55, n. 3, p. 12-16, Sept. 1981.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia, 1982. 349 p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6).

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. v. 2, 81 p.

EMULZINT ADITIVOS ALIMENTARES INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Apostila de panificação**. Campinas, 1985. 92 p. Apostila.

ESPECTROSCOPIA de infravermelho. Disponível em:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia\\_de\\_infravermelho](http://en.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_infravermelho)>. Acesso em:  
10 jun. 2009.

ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento.** 2004. 238 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ESTELLER, M. S.; LIMA, A. C. O.; LANNES, S. C. S. Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. **Food Science and Technology**, London, v. 39, n. 2, p. 184-187, Mar. 2006.

FERNANDES, A. F. **Utilização da farinha de casca de batata na elaboração de pão integral.** 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar.exe:** sistema de análise de variância. Versão 3.04. Lavras: UFLA, 1999. Software.

FONSECA, E. W. N. da. **Utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea spp*) como melhorador na produção de pão de forma.** 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GENNADIOS, A. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. **Journal Food Science**, Chicago, v. 61, n. 1, p. 585-589, Jan. 1996.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2003. p. 74.

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

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, p. 371-383, 1963.

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

GUTKOSKI, L. C.; BREHM, C. M.; SANTOS, E.; MEZZOMO, N. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 460-467, set. 2005.

HAROS, M.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. **European Food Research Technology**, Berlin, v. 215, n. 5, p. 425-430, Nov. 2002.

HARWALKAR, V. R.; MA, C. Y. **Thermal analysis of food**. London: Elsevier, 1990. 362 p.

HOU, W. C.; HSU, F. L.; LEE, M. H. Yam (*Dioscorea batatas*) tuber mucilage exhibited antioxidant activities in vitro. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 68, n. 12, p. 1072-1076, Dec. 2002.

INHAME. Disponível em: <<http://www.hortalimpa.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2007.

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

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Official methods of the International Association of Cereal Science and Technology**. Schwechat, 1995. 1 CD-ROM.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectinolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum L.*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1045-1087, Mar./Apr. 1984.

KETIKU, A. O.; OYENUGA, Y. A. Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*Dioscorea rotundata pois.*) during growth. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 24, n. 4, p. 367-373, Apr. 1973.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 459-464, abr./jun. 2006.

LIMA, J. A. Potencialidades de Industrialização do Inhame e do Taro no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., 2002, João Pessoa.. **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. p.275-303.

MA, C. Y.; HARWALKAR, V. R.; MAURICE, T. J. Instrumentation and techniques on thermal analysis in food research. In: ARWALKAR, V. R.; MA, C. Y. **Thermal analysis of food**. London: Elsevier, 1990. p. 1-15.  
MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MATOS, J. R.; MACHADO, L. D. B. Análise térmica termogravimetria. In: CANEVAROLO JUNIOR, S. V. (Ed.). **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2004. p. 209-228.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento**: otimização do uso de aditivos. 2004. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO, L. L. M. M. **Síntese enzimática dos ésteres de aroma butirato e valerato de citronelila por lipase de *Rhizopus SP***. 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MIAMOTO, J. de B. M. **Obtenção e caracterização do inhame (*Colocasia esculenta L.*) integral, da mucilagem do inhame e do resíduo da extração da mucilagem do inhame liofilizados**. 2008. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MININ, V. P. R. **Análise sensorial**: estudo com consumidores. Viçosa, MG: UFV, 2006. 68 p.

MISAKI, A.; ITO, T.; HARADA, T. Constitutional Studies on the Mucilage of "Yamanoimo" *Dioscorea batatas* Decne, *forma Tsukune*: isolation and structure of a mannan. **Agricultural and Biological Chemistry**, Bethesda, v. 36, n. 5, p. 761-771, 1972.

MONTEIRO, D. A. Situação atual e perspectiva da cultura do taro no estado de São Paulo. In: CARMO, C. A. S. do (Ed.). **Inhame e taro**: sistemas de produção familiar. Vitória: INCAPER, 2002. p. 77-84.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIM, W. A. Cultura da araruta. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. cap. 21, p. 440-447. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino americanas, 2).

NAZATO, R. E. S. **Uso de radiação gama do cobalto-60 para aumentar a vida de prateleira de pães de forma fatiados e embalados**. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura-USP, 1991. 64 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-380, May 1944.

NIP, W. K. Taro. In: SMITH, D. S.; CASH, J. N.; NIP, W. K.; HUI, Y. H. **Processing vegetables: science and technology**. Lancaster: Technomic, 1997. p. 355-387.

NUNES, A. G.; FARIA, A. P. da S.; STEINMACHER, F. R.; VIEIRA, J. T. C. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Florianópolis: UFSC, 2006. 326 p.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrient in foods**. London: Academic, 1978. 158 p.

PALMA, E. J.; CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P. **Emulsificantes em panificação**. Disponível em:  
<<http://www.oxiteno.com.br/aplicacoes/mercados/doc/documento.asp?artigotecnico=1&segmento=0100&idioma=PO&r=.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

PICCOLI, R.; MEXIAS, A.; FIGUEIRA, R.; MONTEDO, O.; BERTAN, F. Características das principais técnicas analíticas aplicadas à caracterização de materiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SENAI, 2006. p. 289-300.

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

PLURY QUÍMICA. **Lecitina de soja**: grau alimentício. Diadema, 2009.  
Disponível em: <<http://www.pluryquimica.com.br>>. Acesso em: 10 maio 2009.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v. 1, n. 6, p. 57-74, Dec. 1982.

PYLER, E. J. **The mixing process in Baking**: science & technology. 3. ed. Kansas: Soslond, 1988. v. 2, 910 p.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 425 p.

RAMSDEN, L.; YU, M. C. Polysaccharide deposition during corm development in taro. In: POTENTIAL OF ROOT CROPS FOR FOOD AND INDUSTRIAL RESOURCES, 12., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: ISTRC, 2002. p. 409-411.

R MANUS SOLUÇÕES EM ALIMENTOS. **Ficha técnica SOLEMUL SSL**. Campo Largo, 2007a. 2 p.

R MANUS SOLUÇÕES EM ALIMENTOS. **Ficha técnica SOLEMUL CSL**. Campo Largo, 2007b. 1 p.

R MANUS SOLUÇÕES EM ALIMENTOS. **Ficha técnica SOLEMUL D**. Campo Largo, 2007c. 1 p.

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

SAMSON, R. A.; HOEKSTRA, E. S.; FRISVAD, J. C.; BOER, E. **Introduction to food and airborne fungi**. 7. ed. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2004. 389 p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 317p.

SKOOG, D. A. Métodos térmicos. In: SKOOG, D. A.; HOLLER, J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análises instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. cap. 31, p. 705-748, 834 p.

STAMPFLI, L.; NERSTEN, B. Emulsifiers in bread making. **Food Chemistry**, London, v. 52, n. 4, p. 353-360, Dec. 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. Version 8.0. Cary, 1999. Software.

STAUFFER, C. E. Frozen bakery products. In: MALLETT, C. P. (Ed.). **Frozen food technology**. Cambridge: Chapman & Hall, 1994. p. 270-293.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, Dec. 2002.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. **Starches: practical guides for the food industry**. Minnessota: Eagan, 1999. 94 p.

TSAI, S. S.; TAI, S. S.; TAI, F. J. Studies on the mucilage from tuber of yam (*Dioscorea alata Linn.*): I., isolation and purification of mucilage. **Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society**, Taipei, n. 22, p. 88-94, 1984.

UNIVERSITY OF WASHINGTON. LAD, P. J.; MULLINS, M. M. **Type II endoglycosidases in baking for improving the quality of dough and baked goods**. US n. 5232719. 8 Mar. 1993.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) ã-irradiada**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

WENDHAUSEN, P. A. P. **Análises térmicas**. Florianópolis: UFSC, 2008. 47 p. Apostila.

WENDLANDT, W. W. **Thermal analysis**. 3. ed. New York: Wiley, 1985. 460p.

WILLIAMS, T.; PULLEN, G. Functional ingredients. In: CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. London: Blackie Academic & Professional, 1998. p. 45-80.

ZHANG, Y. P.; LEWIS, R. N. A. H.; MCELHANEY, R. N. Calorimetric and spectroscopic studies of the thermotropic phase behavior of the *n*-saturated 1,2-diacylphosphatidylglycerols. **Biophysical Journal**, Bethesda, v. 72, n. 2, p. 779-793, Feb. 1997.

## ANEXOS

ANEXO A	Página
FIGURA 1A Modelo de ficha para avaliação sensorial (aparência interna e externa) dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes. ....	100
FIGURA 2A Modelo de ficha para avaliação sensorial (textura, sabor, impressão global e intenção de compra) dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes.....	101
FIGURA 3A Modelo de ficha para análise de qualidade tecnológica dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes.....	102

**FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL**      **Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_

**Sexo:**    ( )Fem.            ( )Mas.

**Idade:**    ( ) 15 a 30      ( ) 30 a 45      ( ) 45 a 60      ( ) acima de 60 anos

Avalie da esquerda para a direita cada amostra e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou, na seguinte ordem: aparência interna e externa de cada pão de forma.

	Nº Amostra	Aparência interna	Aparência externa
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	_____	_____	_____

Comentários: \_\_\_\_\_

FIGURA 1A Modelo de ficha para avaliação sensorial (aparência interna e externa) dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes.

**FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL**      **Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_

**Sexo:**    ( )Fem.            ( )Mas.

**Idade:**    ( ) 15 a 30      ( ) 30 a 45      ( ) 45 a 60      ( ) acima de 60 anos

Avalie da esquerda para a direita cada amostra e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou, na seguinte ordem: textura, sabor e impressão de cada pão de forma.

	Nº Amostra	Nota textura	Nota sabor	Impressão global
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	_____	_____	_____	_____

Comentários: \_\_\_\_\_

Agora, utilizando a escala abaixo, indique a sua intenção de compra com relação ao produto.

	Nº Amostra	Intenção de compra
5 – certamente compraria	_____	_____
4 – provavelmente compraria	_____	_____
3 – não sei	_____	_____
2 – provavelmente não compraria	_____	_____
1 – certamente não compraria	_____	_____

Comentários: \_\_\_\_\_

FIGURA 2A Modelo de ficha para avaliação sensorial (textura, sabor, impressão global e intenção de compra) dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes.

<b>Características Externas</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Nota</b>
Volume (volume específico x 3,33)	20	
Cor da crosta (fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara, muito escura)	10	
Quebra (fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, desigual)	5	
Simetria (fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	5	
<b>Subtotal</b>	<b>40</b>	
<b>Características Internas</b>		
Características da crosta (fatores indesejáveis: borrachenta, quebradiça, dura, muito grossa, muito fina)	5	
Cor do miolo (fatores indesejáveis: cinza, opaca, desigual, escura)	10	
Textura do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, áspera, compacta, seca)	10	
Estrutura da célula do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou fechados)	10	
<b>Subtotal</b>	<b>35</b>	
<b>Aroma e Gosto</b>		
Aroma (fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou forte)	10	
Gosto (fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa, gosto remanescente)	15	
<b>Subtotal</b>	<b>25</b>	
<b>Total</b>	<b>100</b>	

<b>Contagem dos pontos</b>	<b>Qualidade do pão</b>
>90	Muito bom
89-80	Bom
79-70	Regular
<70	Deficiente

FIGURA 3A Modelo de ficha para análise de qualidade tecnológica dos pães de forma elaborados com adição de emulsificantes.