

GABRIELLE CARDOSO REIS FONTAN

**QUEIJO DE COALHO *LIGHT*: PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, SENSORIAL E REOLÓGICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

F679q
2013
Fontan, Gabrielle Cardoso Reis, 1981-
Queijo de coalho *light* : produção, caracterização
físico-química, sensorial e reológica / Gabrielle Cardoso Reis
Fontan. – Viçosa, MG, 2013.
ix, 86f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Valéria Paula Rodrigues Minim.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.79-86.

1. Queijo de coalho - Teor de gordura. 2. Alimentos - Teor
de proteína. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos. II. Título.

CDD 22. ed. 641.373

GABRIELLE CARDOSO REIS FONTAN

**QUEIJO DE COALHO *LIGHT*: PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, SENSORIAL E REOLÓGICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 25 de outubro de 2013.

Joel Camilo Souza Carneiro

Junio Cesar Jacinto de Paula

Aline Cristina Arruda Gonçalves

Renata Cristina Ferreira Bonomo
(Coorientadora)

Valéria Paula Rodrigues Minim
(Orientadora)

*“Todas as vitórias ocultam
uma abdicação”.*

(Simone de Beauvoir)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo, sempre;

À minha família, Rafael, Tiago e Camila, pelo amor, apoio e compreensão em todos os momentos;

Aos meus pais e irmãos, em especial a Roni, pelo incentivo nos momentos difíceis;

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por me permitir fazer parte da sua história novamente;

À Professora Valéria Paula Rodrigues Minim, pela paciência, compreensão, e orientação;

À Professora Renata Cristina Ferreira Bonomo e ao Professor Luis Antonio Minim, pelos conselhos e colaboração;

Aos professores Joel Carneiro, Junio Cesar e Aline Arruda, por participarem da defesa de tese;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e aos professores que disponibilizaram seus equipamentos e laboratórios para a condução do experimento;

Aos amigos Renata, Paulo, Ligia, Dani, Leo, Cristina, Vanessa, Evaldo e Carmita, por compartilharem os bons momentos da vida.

Aos colegas que participaram do Perfil Convencional, pela paciência;

Aos amigos Lizzy, Janaína, Márcia (UFV), Willian, Davi, Joyce, Chazy, Rafa, Josane, Monique, Acsa, Zilmary, Keila, Gabriel e Olga (UESB), pela ajuda;

A *São Longuinho*, por me socorrer nos momentos de desespero; e

A todos que contribuíram de algum modo para a realização deste trabalho.

RESUMO

FONTAN, Gabrielle Cardoso Reis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Outubro de 2013. **Queijo de coalho *light*: produção, caracterização físico-química, sensorial e reológica.** Orientadora: Valéria Paula Rodrigues Minim. Coorientadores: Renata Cristina Ferreira Bonomo e Luis Antonio Minim.

O queijo de coalho é um produto típico do nordeste brasileiro, de grande importância socio econômica para a região. O consumo excessivo de alimentos com alto teor de gordura, incluindo queijos, tem sido associado ao aumento do risco de doenças cardiovasculares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do teor de gordura de queijos de coalho *light*, produzidos utilizando concentrado proteico de soro como substituto de gordura, nas suas características físico-químicas, reológicas e sensoriais. Cinco formulações de queijos foram produzidas de leite de vaca com teor de gordura entre 1,0% e 2,2%, adicionados de 1,0% de concentrado proteico. Foi realizada a caracterização físico-química dos queijos formulados, sendo o teor de gordura e valor energético comparados aos de cinco marcas comerciais de queijo de coalho tradicional. Dez julgadores treinados avaliaram por meio do Perfil Convencional as formulações em relação aos atributos cor branca amarelada, liberação de soro, aroma de queijo, gosto salgado, sabor de queijo, textura borrachenta, maciez e esfarelenta. A aceitabilidade foi mensurada por meio de um teste de aceitação com 100 consumidores, utilizando uma escala hedônica de nove pontos. O perfil de textura instrumental foi obtido aplicando compressões de 30% e 75%, sendo os parâmetros obtidos correlacionados com os dados do Perfil Convencional. Para a caracterização reológica, foram determinados por meio de ensaios oscilatórios os módulos G' , G'' e a tangente de perda. Foram realizados também a varredura de temperatura e ensaios de fluência e recuperação e relaxamento da tensão. Os queijos produzidos apresentaram redução mínima de 47% no teor de gordura e de 33% no valor energético quando comparados às marcas comerciais. No perfil convencional, os atributos maciez, gosto salgado e sabor de queijo foram os que mais diferenciaram as amostras. Por meio de uma análise de Componentes Principais (ACP), verificou-se que tais atributos se

correlacionaram positivamente com o 1º CP, e formulações elaboradas com 1,6%, 1,9% e 2,2% de gordura no leite apresentaram as maiores intensidades destes atributos. Todas as formulações apresentaram elevada aceitação pelos consumidores, sendo verificada tendência no aumento da média de aceitação para o atributo textura com aumento do teor de gordura. A partir da análise do perfil de textura instrumental, verificou-se a influência do teor de gordura nas características de textura. Os parâmetros obtidos com 75% de compressão das amostras foram aqueles que apresentaram correlações significativas ($p < 0,10$) com os dados de textura do Perfil Convencional e ajuste linear dos parâmetros (exceto para elasticidade) em função do teor de gordura ($p < 0,10$). Nos ensaios oscilatórios, verificou-se que G' e G'' decrescem com o aumento do teor de gordura. Os queijos de coalho *light* apresentaram um comportamento desejável quando aquecidos (varredura de temperatura), por não ter havido derretimento. Os testes de relaxamento de tensão e de fluência foram condizentes com os demais, associando aos queijos com menor teor de gordura características como estruturas mais rígidas e mais interações na matriz. Pelos resultados apresentados em condições experimentais, a elaboração de queijo de coalho *light* é uma alternativa de produto saudável, tendo sido verificado que as características sensoriais foram aceitáveis pelos consumidores mesmo nas formulações com altas reduções do teor de gordura.

ABSTRACT

FONTAN, Gabrielle Cardoso Reis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2013. **Light coalho cheese: production, physico-chemical, sensory and rheological characterization.** Adviser: Valéria Paula Rodrigues Minim. Co-advisers: Renata Cristina Ferreira Bonomo and Luis Antonio Minim.

Coalho cheese is a typical product of the Brazilian Northeast, presenting great importance to the region. Excessive consumption of high in fat foods, including cheeses, has been associated with the risk of cardiovascular diseases. This study aimed evaluate the effect of the fat content on light coalho cheese, produced using whey protein concentrate as a fat replacer, in their physico-chemical, rheological and sensory properties. Five formulations were produced from cow's milk with a fat content between 1.0% and 2.2%, being added 1.0% of whey protein concentrate to each one. Physicochemical characterization was performed and fat content and energy value were compared to traditional commercial coalho cheeses. Ten trained panelists evaluated quantitatively by Conventional Profile (CP) the formulations regarding the attributes yellowish white color, whey exudation, cheese flavor, salty taste, cheese flavor, rubbery texture, softness and crumbly. The acceptability was measured by an acceptance test with 100 consumers, using a nine point hedonic scale. The instrumental texture profile was obtained by applying a sample compression of 30% or 75%, being obtained parameters correlated with CP data. For rheological characterization were determined by oscillatory tests the G' and G'' modules and loss tangent. Were also performed a temperature sweep, creep and recovery tests, besides stress relaxation tests. Produced cheeses showed minimum reduction of 47% in fat and 33% in energy value compared to the commercial traditional products. In CP, attributes softness, salty taste and cheese flavor were the most differentiated samples. Through a principal component analysis (PCA) it was found that such attributes were positively correlated with the 1st PC and formulations with 1.6%, 1.9% and 2.2% of fat content in the milk showed the highest levels of these attributes. All formulations presented high consumer acceptance. A tendency to increase the average acceptance for the texture attribute with increasing fat content was observed.

From the texture profile analysis instrument it was verified the influence of fat content on the textural characteristics. The parameter settings obtained for 75% sample compression were those presented significant correlations ($p < 0.10$) with the texture data from CP. A linear fit of the parameters (except for elasticity) with fat content ($p < 0.10$) was also observed. In oscillatory tests, it was verified that G' and G'' modulus decreases with increasing fat content. The light coalho cheese showed desirable behavior when heated (temperature sweep) without observed melting. Results of stress relaxation tests and creep and recovery tests indicates that cheeses with lower fat content presents more rigid structures and more interactions in the matrix. Light coalho cheese is an alternative healthy product, with sensory characteristics acceptable by consumers even in formulations with high fat content reductions.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1.	Produção de queijos.....	3
2.1.1.	Queijos com teor de gordura reduzido	5
2.2.	Proteínas do soro de queijo.....	8
2.3.	Análise Sensorial de Queijos.....	10
2.3.1.	Análise Descritiva.....	10
2.3.2.	Aceitabilidade.....	11
2.4.	Reologia e Textura de Queijos	13
2.4.1.	Teste de Relaxamento da Tensão	15
2.4.2.	Teste de Fluência e Recuperação	17
2.4.3.	Testes Oscilatórios.....	19
2.4.4.	Análise de Perfil de Textura (<i>Texture Profile Analysis</i> - TPA)	22
3.	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1.	Incorporação do concentrado proteico do soro no queijo	26
3.2.	Processamento do queijo de coalho.....	28
3.3.	Caracterização físico-química dos queijos de coalho <i>light</i>	31
3.4.	Análise de textura dos queijos.....	31
3.4.1.	Perfil de Textura Instrumental	31
3.4.2.	Caracterização reológica	32
3.5.	Análise Sensorial dos Queijos	34
3.5.1.	Perfil Sensorial Convencional	34
3.5.2.	Aceitabilidade e perfil dos consumidores	39
3.6.	Delineamento experimental	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1.	Incorporação de CPS na massa de queijo	42
4.2.	Composição centesimal dos queijos de coalho <i>light</i>	43
4.3.	Avaliação da qualidade higiênico-sanitária dos queijos de coalho <i>light</i>	47
4.4.	Caracterização da textura dos queijos de coalho <i>light</i>	48
4.4.1.	Ensaio oscilatórios	48
4.4.2.	Ensaio de relaxamento da tensão	53

4.4.3.	Teste de fluência e recuperação	56
4.4.4.	Análise de Perfil de Textura (Texture Profile Analysis – TPA)	58
4.5.	Análise Sensorial	60
4.5.1.	Perfil Convencional	60
4.5.2.	Perfil dos consumidores que participaram do teste afetivo	66
4.5.3.	Aceitabilidade dos queijos de coalho <i>light</i>	73
5.	CONCLUSÃO	78
6.	REFERÊNCIAS	79

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se verificado uma notável mudança no comportamento do consumidor, que se mostra mais preocupado com a saúde e o bem-estar. Tal mudança de comportamento se reflete diretamente no hábito alimentar destes indivíduos, que passaram a buscar por alimentos mais saudáveis e com algum benefício à saúde, porém sem abrir mão da qualidade sensorial.

Uma vez que alimentos saudáveis são amplamente associados a produtos com baixo teor de gordura e esta é determinante no sabor e na textura dos alimentos, surge um grande desafio às indústrias: como retirar total ou parcialmente a gordura dos alimentos sem alterar sensivelmente suas características sensoriais.

Substituir parcialmente ou totalmente a gordura dos alimentos requer tecnologia adequada e uso de compostos, denominados de substitutos de gordura, que visam a desempenhar papel similar nos alimentos. Neste âmbito, a indústria de insumos tem aumentado a oferta destes substitutos, sendo as principais fontes, os lipídeos de cadeia curta, carboidratos, proteínas e fibras.

Os substitutos de gorduras com base em proteínas são geralmente oriundos do leite, ovos, cereais e outros. Entre estes substitutos, as proteínas do soro, obtidas como coproduto da fabricação de queijos, apresentam propriedades funcionais, tornando-as eficientes como substitutas de gordura. Além disto, tais proteínas são consideradas GRAS (*Generally Recognized as Safe*) pelo FDA (*Food and Drug Administration*), ou seja, não apresentam nenhum risco à saúde, e têm sido amplamente estudadas e aplicadas como substitutas de gordura em diversos alimentos.

Os produtos lácteos apresentam contribuições significativas na gordura total ingerida na dieta. A remoção da gordura em queijo afeta consideravelmente suas características sensoriais e tecnológicas, como derretimento e estiramento, e a inclusão de um substituto de gordura poderá minimizar tais efeitos. Conhecer as características e alterações sensoriais

ocorridas por esta substituição é primordial no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura, pois a avaliação sensorial permitirá verificar a aceitação, conhecer os atributos e detectar os mais importantes para a aceitabilidade dos produtos pelos consumidores.

Entre os vários tipos de queijos produzidos no país, o queijo de coalho é um produto tipicamente do nordeste brasileiro, muito popular nesta região e consumido em todo país. Este queijo é de grande importância socioeconômica para região nordeste, por ser uma das principais atividades da cadeia produtiva do setor leiteiro inserida na agricultura familiar. Segundo a legislação vigente, o queijo de coalho pode conter entre 35% a 60% de gordura (em base seca), sendo que a gordura na matriz do alimento apresenta importante papel nas propriedades físicas, químicas, tecnológicas e sensoriais dos produtos. A gordura influencia na aparência do produto, no aroma, no sabor característico dos alimentos, na textura, na viscosidade, na elasticidade e na dureza do produto, além de alterar características como derretimento, cremosidade e maciez.

Embora apresente relevância no âmbito estrutural, tecnológico e sensorial dos alimentos, o consumo excessivo de gordura é visto hoje como grande causador de problemas de saúde. Em virtude da preocupação da sociedade com alimentos saudáveis e da importância do queijo de coalho para região nordeste, o objetivo deste trabalho foi elaborar queijos de coalho com reduzido teor de gordura (*light*), utilizando concentrado proteico de soro, e caracterizá-los quanto à composição físico-química, aos atributos sensoriais e às características reológicas, além de verificar a aceitabilidade e correlacioná-la com as características intrínsecas dos queijos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Produção de queijos

A produção e consumo de queijo está em crescimento no país. De 2006 a 2012, o volume consumido passou de 72,9 mil toneladas para 122 mil toneladas, com alta de 67%. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ), considerando a fabricação de queijos com inspeção federal (SIF), estima-se que, em 2007, o consumo tenha sido de 2,5 kg/habitante e, em 2011, em torno de 4 kg/habitante (FRANCO, 2013). Embora em ascensão, o produto ainda é pouco consumido no país quando comparado aos países europeus, cujo consumo chega a 28 kg/habitante/ano (SCOTCONSULTORIA, 2010).

Os queijos mais consumidos no país são a muçarela, prato, requeijão, minas e em crescimento está o queijo de coalho, este último tipicamente nordestino e com grande consumo nesta região. A característica que o faz tão apreciado em todo país está no fato de ser um queijo que, quando assado, não derrete, ficando tostado com gosto levemente ácido (SILVA et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2007). Inicialmente, sua produção era artesanal, com leite cru, feita por pequenas propriedades rurais. Atualmente, o produto já é comercializado e produzido em todo país, utilizando leite pasteurizado, o que garante maior segurança ao consumidor, embora ainda exista a produção artesanal (CAVALCANTE, 2007).

O queijo de coalho pode ser classificado como um queijo de média a alta umidade, de massa semicozida ou cozida, apresentando um teor de gordura entre 35,0% e 60,0%. Suas características sensoriais configuram uma consistência semidura, elástica; uma textura compacta e macia; cor branca amarelada uniforme, sabor brando ligeiramente ácido, podendo ser salgado ou condimentado; crosta fina e sem trincas; e olhaduras pequenas ou sem olhaduras (BRASIL, 2001). Apresenta importantes características tecnológicas quando assado, como o não derretimento e a formação de uma crosta amarronzada, resultado da reação de *Maillard* no produto.

Devido à grande abrangência dos parâmetros legais, há uma dificuldade na padronização do queijo de coalho, podendo este apresentar,

dependendo da região de produção, características diversas. Tais características são regidas pela matéria-prima e também pelo processamento utilizado.

Entre os parâmetros operacionais da produção de queijos, o tratamento térmico do leite, a firmeza e o corte da coalhada, adição e tipo de cultura láctea, adição de cloreto de cálcio, a temperatura de cozimento, drenagem do soro, lavagem da massa, prensagem, período de maturação, entre outros, são fundamentais para o desenvolvimento específico de um determinado queijo.

Ao queijo de coalho originalmente não se adicionava cultura láctica, uma vez que era produzido com leite cru. Ainda hoje, mesmo com o uso de leite pasteurizado, o uso de cultura láctica está restrito às indústrias (VIANA et al., 2011). A adição de cultura láctica melhora a maciez, aroma e sabor do produto, mantendo-o o mais próximo do original (LIMA, 1998). Cavalcante et al. (2007) isolaram culturas endógenas do queijo de coalho tradicional, produzido com leite cru, da região nordeste, e sugeriram uma padronização do processo, utilizando leite pasteurizado. Verificaram que a maioria das bactérias lácticas presentes nos queijos pertencia à espécie *Lactococcus lactis*, tendo algumas cepas sido isoladas para produção do fermento. Os resultados mostraram bom desempenho e qualidades satisfatórias dos queijos produzidos com leite pasteurizado e adição da cultura cultivada em laboratório.

Lima et al. (1998) elaboraram queijo de coalho com leite pasteurizado, inoculado com *Streptococcus thermophyllus* e *Lactobacillus bulgaricus*, culturas tipicamente utilizadas na produção de iogurte. Verificaram, ao comparar com queijo de coalho fabricado com leite cru, que a cultura natural exerceu papel fundamental na proteólise do queijo, proporcionando maciez e textura desejáveis, e que a cultura termofílica utilizada pode desempenhar muito bem este papel, sem diminuir a aceitação dos queijos pelos consumidores.

Mamede et al. (2010) avaliaram três marcas de queijos de coalho industrializados e verificaram que duas marcas (A e B) apresentaram composição físico-química similar, diferindo ($p < 0,05$) apenas no valor de pH

e no teor de sal. A marca B apresentou o menor valor de pH e menor teor de sal e foi considerada pelos provadores como a menos preferida, indicando grande influência das variáveis pH e sal na aceitabilidade do produto. Os autores verificaram que a marca C diferiu significativamente da marca A para as variáveis umidade, gordura, proteína, pH, não diferindo apenas no teor de sal. Ambas tiveram boa aceitação. Embora a marca C tenha apresentado valor de gordura menor que as marcas A e B, este fato não contribuiu para a rejeição do produto.

2.1.1. Queijos com teor de gordura reduzido

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o número de pessoas obesas dobrou desde 1980. Em 2008, estimou-se que cerca de 200 milhões de homens e quase 300 milhões de mulheres poderiam ser classificados como obesos. Em 2011, mais de 40 milhões de crianças menores de cinco anos estavam acima do peso. A obesidade já foi considerada um problema de países com alta renda, porém o sobrepeso e a obesidade estão em ascensão em países de baixa e média renda, especialmente em ambientes urbanos. Mais de 30 milhões de crianças com excesso de peso estão vivendo em países em desenvolvimento e 10 milhões, nos países desenvolvidos (WHO, 2013).

A obesidade está relacionada a vários tipos de doenças, como diabetes, problemas cardíacos e doenças cardiovasculares, derrame e alguns tipos de cânceres. Este aumento no Índice de Massa Corporal (IMC) é improvável que tenha se desenvolvido devido a uma mudança na genética, mas é consequência das mudanças observadas no ambiente, como sedentarismo, e nos alimentos altamente energéticos e com alto teor de gordura (WHO, 2013; DAY, 2012).

Para a OMS, as indústrias de alimentos podem desempenhar um papel importante na promoção da alimentação saudável pela redução do teor de gordura, açúcar e sal dos alimentos processados, por garantir que as escolhas saudáveis e nutritivas estejam disponíveis e acessíveis a todos os consumidores, praticando marketing responsável, especialmente os destinados à crianças e adolescentes.

Há muitos fatores que governam o consumo de alimentos, mas características sensoriais são as mais influentes. A gordura na dieta não só influencia o sabor dos alimentos, mas também a textura (DAY, 2012). Atualmente, o grande desafio da indústria é a produção de alimentos saudáveis com manutenção das características sensoriais tão desejadas.

O queijo é um alimento rico em nutrientes, tem proteínas de alto valor biológico, rico em minerais como cálcio e fósforo. Além disso, alguns fabricantes estão enriquecendo seus produtos, incluindo vitamina D, ácidos graxos, como o ômega-3, antioxidantes, prebióticos e probióticos. No entanto, é também sabido que o queijo apresenta alto teor de gordura e sódio, desencorajando alguns, especialmente os idosos, de incluir tal alimento em suas dietas (JOHNSON, 2009).

A remoção de parte da gordura em queijos, além de alterar o sabor e a textura, também reduz o aroma e altera a cor, visto serem obtidos queijos mais translúcidos, o que é indesejável para o produto (WADHWANI e MCMAHON 2012). Segundo Van Hekken et al. (2013), a redução de gordura no queijo em valores abaixo de 33% resulta em alterações inaceitáveis nas características rendimento, sabor, aroma, derretimento e texturas duras, borrachenta e granulada.

O queijo consiste em uma matriz de proteína hidratada com partículas de gordura dispersas nesta matriz. Quanto maior a quantidade de gordura em relação às proteínas, mais interrupções existirão na matriz proteica, reduzindo as interações entre as proteínas. Da mesma forma, ausência de gordura permite mais interações entre as proteínas, formando uma matriz compacta, resultando em uma textura semelhante à da borracha. Mudanças no queijo com relação à textura ocorrem, muitas vezes, durante o armazenamento, no período de maturação, porém ocorrem mais lentamente em queijos com baixo teor de gordura (GUINEE et al., 2000). Segundo Lobato-Calleros et al. (2001), a remoção da gordura do queijo leva a uma massa mais compacta, reduz o aroma e sabor característico, interfere negativamente nas propriedades de textura, como, por exemplo, aumento da rigidez e redução da capacidade de derretimento do queijo.

O desenvolvimento do sabor de queijo durante a maturação e estocagem é resultado de uma combinação de atividades microbianas e bioquímicas que conduzem à formação de uma mistura heterogênea de compostos aromatizantes voláteis e não voláteis. Alterações do equilíbrio em gordura, proteínas, umidade e sal, ocorridas na produção de queijo com baixo teor de gordura, podem resultar em deficiências, não só dos compostos presentes na gordura, mas também em compostos gerados pela interação e degradação de proteínas e lipídeos (JOHNSON, 2009; VAN HEKKEN, 2013).

Desde a década de 80, já são fabricados queijos com teor de gordura reduzido, sendo as tecnologias e os substitutos de gorduras cada vez mais estudados para produzir queijos com características próximas ao queijo tradicional (MISTRY, 2001). As pesquisas têm sido realizadas para melhorar a textura de queijos com baixo teor de gordura, e vários substitutos da gordura têm sido utilizados em tais estudos. Diferentes tipos de substitutos de gordura estão disponíveis, tanto à base de carboidratos como de proteínas.

A inclusão de substitutos de gordura à base de amidos e proteínas aumenta a retenção de água, formando géis, o que confere maciez ao produto. As proteínas mais utilizadas são as derivadas do ovo, leite, milho, sendo que as proteínas do soro de queijo apresentam ótimas propriedades funcionais de emulsificação, retenção de umidade, geleificação, formação de espuma, que as tornam uma boa opção para substituição da gordura nos alimentos (MISTRY 2001, LIMA e NASSU 1996). Além de serem autorizadas pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos (BRASIL, 1996), estas proteínas são consideradas GRAS (“*Generally Recognized as Safe*”) pelo FDA (*Food and Drug Administration*), ou seja, não apresentam nenhum risco à saúde e têm sido amplamente estudadas e aplicadas como substitutas da gordura em diversos alimentos.

Lobato-Calleros et al. (2001) utilizaram três substitutos de gorduras comerciais: dois à base de proteínas do soro (concentrado proteico de soro (CPS) e proteína do soro microparticulada) e uma à base de carboidrato (pectina de baixo grau de metoxilação) para produção do queijo Manchego

com baixo teor de gordura. Os queijos foram comparados quanto às características de textura instrumental e sensorial. Verificaram que o uso de concentrado proteico de soro apresentou os melhores resultados quando comprado aos demais substitutos, pois as características de textura instrumental foram similares às do queijo tradicional, e os julgadores treinados não diferenciaram as amostras (queijo tradicional e queijo com CPS).

2.2. Proteínas do soro de queijo

O soro de queijo é um coproduto da fabricação de queijos, retendo cerca de 55% dos constituintes do leite. Este soro pode ser obtido por coagulação enzimática, processo sofrido pela maioria dos tipos de queijos, ou coagulação ácida (SINHA et al., 2007).

Devido ao alto valor nutritivo promovido, principalmente, pela lactose e proteínas, este coproduto é um grande poluente dos leitos de rios quando lançado sem tratamento prévio. O uso do soro como ingrediente da indústria de alimentos reduzirá gastos com o tratamento de efluente, além da vantagem de agregar valor aos produtos por meio de suas características nutricionais e tecnológicas (ALMEIDA et al., 2001).

As propriedades tecnológicas do soro que lhe conferem grande potencial para indústria são devidas às suas proteínas. Do total de proteínas presente no soro, 70% são β -lactoglobulina e α -lactoalbumina, as principais responsáveis pela capacidade de hidratação, geleificação, formação de emulsão e espumas (DAMODARAN e PARAF, 1997).

A solubilidade das proteínas depende da capacidade de elas se ligarem à água, podendo estar ligadas por interações iônicas, dipolo-dipolo, dipolo induzido, forças capilares nas partículas porosas, entre outras. A desnaturação das proteínas do soro pelo calor causa um desdobramento parcial da molécula, promovendo maior capacidade de hidratação pela exposição de grupos hidrofílicos na parte aquosa (DAMODARAM e PARAF, 1997).

Veiga et al. (2000), estudando a composição e os aspectos físicos de diferentes marcas de *petit suisse*, observaram que a marca formulada com

uma mistura de concentrado proteico de soro (CPS) e pectina teve uma elevada capacidade de retenção de água, superior à amostra que continha apenas a pectina. Este fato foi atribuído à grande capacidade de hidratação das proteínas do soro quando submetidas a tratamentos térmicos. Estas características são importantes por evitarem a sinérese, que, muitas vezes, leva à rejeição do produto.

De Rensis et al. (2009) estudaram a aceitação de queijos prato *light* comerciais e verificaram que as três marcas avaliadas apresentaram boa aceitação para o atributo textura, justificado pelo uso do CPS como substituto de gordura, tendo a capacidade de retenção de água substituído em certo grau o papel da gordura, atuando como lubrificante entre os agregados de caseína, fazendo com que o queijo apresentasse uma textura mais macia, que, provavelmente, agradou os julgadores.

Além das propriedades tecnológicas atribuídas às proteínas do soro, o aumento no rendimento e o valor nutricional despertam o interesse na manutenção destas proteínas no queijo. Visando a isso, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos com estudos de variáveis como temperatura e pH para promover uma desnaturação destas proteínas e, conseqüentemente, a sua retenção na matriz de caseínas dos queijos. Temperaturas acima de 90°C no pH natural do leite induzem a uma precipitação de 30% das proteínas do soro sob a superfície da caseína. Tratamentos térmicos elevados em pH reduzido para 6,3 induzem mais ainda a formação do complexo caseína-proteína do soro (KETHIREDDIPALLI et al. 2010). Porém, o aumento da temperatura no tratamento térmico do leite leva a um aumento no tempo de coagulação, redução da firmeza da coalhada e dificuldade de sinérese, acarretando alterações na textura e sabor dos queijos (RYNNE et al., 2004; KETHIREDDIPALLI et al., 2010).

Entre os fatores que contribuem para a má formação da coalhada, estão a deposição das proteínas do soro sob a superfície da caseína impedindo estericamente a ação do coalho e a perda de cálcio na micela de caseína, elemento fundamental para a formação da coalhada. Ambos os eventos estão associados a temperaturas elevadas. Alguns autores reportaram que a inclusão de uma fonte de cálcio, como cloreto de cálcio, a

acidificação do leite antes da adição do coalho, a concentração do leite antes ou depois do aquecimento e o uso de misturas de leite altamente aquecido com leite cru são alternativas que podem diminuir o efeito causado na formação da coalhada (LOBATO-CALLEROS et al., 2001; VASBINDER e KRUIF 2003; CHROMIK et al., 2010; KETHIREDDIPALLI et al., 2010).

O uso de proteínas do soro como substituto de gorduras na elaboração de queijos é uma alternativa interessante industrialmente desde que não prejudique as características sensoriais do produto, entre elas, as características de textura. Portanto, é indispensável a realização de análises sensoriais que visam a determinar a aceitabilidade do produto, bem como, conhecer e quantificar os atributos percebidos pelos consumidores.

2.3. Análise Sensorial de Queijos

A análise sensorial é uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento de novos produtos e alterações de formulações. É possível conhecer as características sensoriais dos alimentos, medir tais características e verificar sua importância na aceitação de um produto pelos consumidores. Para tal, são utilizados testes descritivos, discriminatórios, afetivos e ferramentas estatísticas adequadas, proporcionando resultados mais confiáveis.

2.3.1. Análise Descritiva

As análises sensoriais descritivas são as ferramentas mais sofisticadas utilizadas nas pesquisas sensoriais. Estas técnicas permitem obter uma completa descrição sensorial dos produtos, identificando quais os atributos sensoriais são importantes para a aceitação (LAWLESS e HEYMANN, 2010).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi desenvolvida durante a década de 1970 para corrigir alguns problemas associados com a análise de perfil de sabor. Adaptações às técnicas de ADQ foram realizadas por diversos pesquisadores, passando a ser denominada de análise descritiva quantitativa genérica ou perfil convencional (LAWLESS e HEYMANN, 2010).

O perfil convencional tem sido utilizado na caracterização de diversos produtos, sendo possível correlacionar os atributos com a aceitação dos produtos. Esta correlação gera informações importantes acerca dos atributos relevantes para aceitação. Além destas correlações, podem ser feitas também correlações entre os dados descritivos (atributos) e as medidas instrumentais.

Cabezas et al. (2005), por meio das análises descritivas, obtiveram seis atributos para aroma, oito para textura e oito para sabor em queijos Manchego artesanal produzidos em dois laticínios. O conhecimento destes atributos foi importante na caracterização dos queijos, verificando que os atributos relativos ao odor foram os responsáveis pela diferenciação destes produtos.

Hernández et al. (2009) avaliaram o efeito da lipólise e da proteólise nas características sensoriais de queijos de ovelha. Verificaram correlações positivas entre os atributos sensoriais referentes a odor e sabor com o perfil de ácidos graxos de cadeia curta e que as amostras com presença de ácidos graxos de cadeia longa tiveram uma correlação positiva com as características de textura.

Viana et al. (2011), por meio da ADQ, caracterizaram os queijos de coalho produzidos com culturas lácteas endógenas, com 13 atributos sensoriais, sendo a coloração amarelada o atributo que mais diferenciou as amostras.

Os métodos descritivos não indicam quais os atributos relevantes para a aceitação do produto pelo consumidor. O consumidor é motivo principal do desenvolvimento e aprimoramento de produtos. A percepção de qualidade é regida por ele, não basta que o alimento atenda aos requisitos legais de composição e padrões microbiológicos, mas é fundamental que satisfaça sensorialmente sua expectativa. Neste contexto, os testes afetivos auxiliam no entendimento dos desejos e anseios dos consumidores.

2.3.2. Aceitabilidade

No desenvolvimento, modificação ou melhoramento de produtos, a determinação da aceitação é de extrema importância.

Spadoti et al. (2005) estudaram a aceitação de queijos prato obtidos por processos modificados e pelo tradicional, concluindo que os diferentes processos acarretaram diferentes percepções sensoriais e aceitação, reforçando a necessidade de testes afetivos quando ocorrem alterações no processamento de alimentos.

Os testes de aceitação são usados quando o objetivo é avaliar o grau em os consumidores gostam ou desgostam de um produto. O local de realização dos testes exerce grande influência nos resultados, e quando realizado em laboratório sob condições controladas, faz-se necessário o mínimo de 25 pessoas que fazem uso do produto ou que possivelmente o consumirão (DELLA LUCIA et al., 2013).

As escalas utilizadas nestes testes podem ser balanceadas ou não, sendo as balanceadas as mais empregadas por serem mais discriminativas e apresentarem igual número de categorias positivas e negativas e termos igualmente espaçados. A escala hedônica é a mais empregada e nela o julgador expressa sua aceitação pelo produto, seguindo os termos que variam gradativamente de “gosta” a “desgosta”. Pode ser apresentada em cinco, sete ou nove pontos, e é facilmente compreendida pelos consumidores, sendo a de nove pontos a mais requerida. (DELLA LUCIA et al., 2013).

Veiga et al. (2000) avaliaram seis marcas de queijo *petit suisse*, com o intuito de verificar sua aceitação por adultos. Utilizaram a escala hedônica estruturada de nove pontos, e puderam identificar um potencial de consumidores em idade adulta que poderia ser explorada pelos fabricantes de queijo *petit suisse*, uma vez que, no Brasil, este produto se destina ao público infantil.

Os resultados dos testes de aceitação podem ser avaliados pela análise de variância (ANOVA), que permite avaliar a média dos dados de todos os julgadores ou levar em consideração a resposta individual de cada consumidor, para tal, pode ser utilizada a técnica Mapa de Preferência (THOMPSON et al., 2004, REIS et al., 2013).

Barros et al. (2006) estudaram o uso de cultura adjunta no desenvolvimento e na aceitação de queijo prato *light*. Verificaram que o uso da cultura influenciou positivamente na aceitação dos atributos de textura, aroma e impressão global, diferenciando significativamente ($P < 0,05$) do queijo *light* sem cultura adjunta. Segundo os autores, o uso de cultura adjunta é uma alternativa na produção de queijos *light*, pois foi eficiente na melhoria de atributos que são diretamente afetados pela remoção da gordura.

2.4. Reologia e Textura de Queijos

A reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais, em decorrência da força neles aplicada, ou seja, está relacionada com a deformação de sólidos e deformação e escoamento de fluidos líquidos e/ou gasosos (BOURNE, 2002).

A maioria dos queijos apresenta um comportamento reológico classificado como viscoelástico, ou seja, apresentam características viscosas e elásticas (GUNASEKARAN e AK, 2003).

As propriedades reológicas de um material viscoelástico são função do tempo de aplicação da tensão ou da deformação, podendo um material viscoelástico apresentar uma relação linear e não linear entre a tensão e a deformação. Os alimentos apresentam uma relação não linear, porém podem apresentar uma relação linear até certo limite de deformação. Nos estudos da viscoelasticidade, as condições experimentais são definidas no intervalo linear do material (STEFFE, 1996).

Para a conceituação do comportamento reológico de um material, os modelos mais utilizados são os mecânicos compostos por molas e amortecedores. Entre estes modelos, o mais simples é o modelo de Maxwell, em que a mola é considerada um sólido ideal obedecendo à lei de Hooke, cuja deformação (γ) é proporcional à tensão (σ) aplicada, e G é a constante denominada de módulo de armazenamento.

$$\sigma = G \gamma \quad (1)$$

E o amortecedor é considerado um fluido ideal que obedece à lei de Newton, em que μ é o módulo de viscosidade, e a taxa de deformação (γ) é proporcional à tensão (σ) aplicada.

$$\sigma = \mu \gamma \quad (2)$$

Quando uma tensão é aplicada, o corpo sofre uma deformação (explicada pela mola) e em sequência começa a fluir (explicada pelo amortecedor). Tal modelo está representado na Figura 1 e é utilizado para caracterizar os fluidos viscoelásticos.

Molas (G) e amortecedores (μ) podem ser conectados de diversas formas para explicar o comportamento de materiais viscoelásticos. O modelo de Kelvin traz a mola e os amortecedores em paralelo e pode ser usado na caracterização de sólidos viscoelásticos (Figura 1).

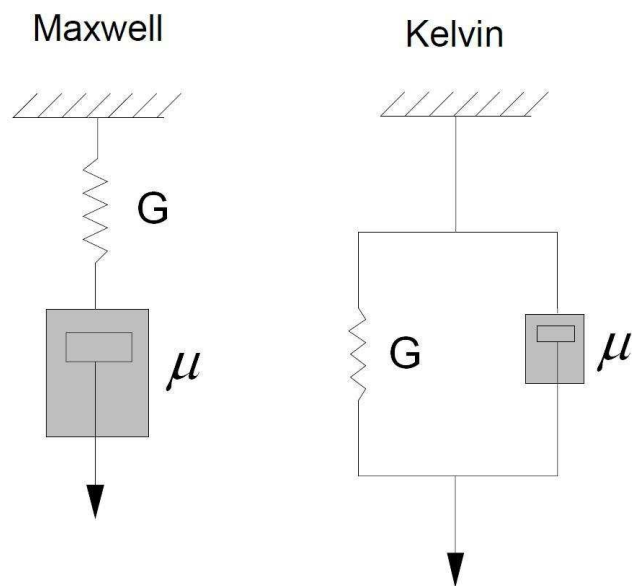


Figura 1 – Modelos de Maxwell e de Kelvin

Fonte: Steffe (1996).

As propriedades reológicas incluem características intrínsecas, tais como viscosidade, elasticidade e viscoelasticidade, que estão relacionadas principalmente à composição, estrutura e à força das atrações entre os elementos estruturais do queijo. Devido às variações nas condições de fabricação e composição, cada variedade de queijo apresenta um comportamento reológico específico, que vai desde o comportamento

viscoso de queijo macio ao comportamento elástico nos queijos duros. Assim, as propriedades reológicas de queijo são significativos atributos de qualidade para o fabricante, transportador, distribuidor e consumidor. Como a reologia é diretamente influenciada pela composição, microestrutura (ou seja, o arranjo estrutural dos seus componentes), estado físico-químico dos seus componentes e sua macroestrutura (presença de grânulos, olhaduras, rachaduras e fissuras), há uma necessidade do conhecimento destas características (O'CALLAGHAN e GUINEE, 2004).

A concentração e o tipo de proteína têm grande influência sobre as propriedades reológicas dos queijos, confirmada pela correlação positiva entre o volume/fração da matriz de caseína e a firmeza de queijo. Em queijos com baixo teor de gordura, verifica-se este aumento no teor de caseína, conferindo ao produto maior firmeza e característica borrachenta (GUINEE e KILCAWLEY, 2004). O grau de hidrólise e perda de umidade que ocorre durante a maturação de queijos também altera as características reológicas. Messens et al. (2000) observaram que a maturação aumentou a rigidez dos queijos Gouda, verificando aumento da viscosidade newtoniana (μ_0), caracterizando maior resistência ao escoamento, com o tempo de maturação.

A caracterização reológica dos queijos é obtida por testes que envolvem a aplicação de uma deformação ou tensão, definidos em condições experimentais. O comportamento do queijo quando submetido a essas tensões e deformações pode ser referido em termos descritivos, tais como dureza, fraturabilidade, elasticidade e adesividade, ou em módulos de elasticidade e viscosidade quando são aplicados, por exemplo, testes de relaxamento da tensão e testes oscilatórios (O'CALLAGHAN e GUINEE, 2004).

2.4.1. Teste de Relaxamento da Tensão

No teste de relaxamento de tensão, o material sofre uma deformação instantânea e se observa a tensão requerida para manutenção desta deformação com o tempo. Em um corpo elástico ideal, a tensão se mantém constante com o tempo, já para os materiais viscoelásticos, a tensão diminui

com o tempo até um valor de equilíbrio $\sigma_e > 0$. Os dados obtidos são analisados em módulos de relaxamento (G) dados por:

$$G = f(t) = \sigma \gamma_{const} \quad (3)$$

Entre os diversos modelos, o de Maxwell tem sido usado para interpretação de dados de relaxamento para fluidos viscoelásticos. Para materiais sólidos viscoelásticos ou material biológico, o modelo de Maxwell não descreve apropriadamente o comportamento destes materiais, porque não inclui um parâmetro de equilíbrio. Neste caso, as curvas de relaxamento são apresentadas por um modelo de Maxwell generalizado, havendo um ou mais elementos do modelo em paralelo com uma mola para representar a tensão residual (σ_e) (CUNHA, 2002), sendo obtida, conforme a equação 4, em que σ representa a tensão, σ_e é a tensão de equilíbrio, σ_0 é a tensão inicial, t é o tempo de decaimento da tensão e λ_{rel} corresponde ao tempo de relaxamento do material.

$$\sigma = f(t) = \sigma_e + (\sigma_0 - \sigma_e) \exp\left(\frac{-t}{\lambda_{rel}}\right) \quad (4)$$

Peleg (1979), citado por Steffe (1996), propôs um modelo empírico no qual as curvas de relaxamento do modelo de Maxwell generalizadas são normalizadas e linearizadas. Neste modelo, o parâmetro de decaimento é calculado pela Equação 5:

$$\frac{\sigma_0 t}{\sigma_0 - \sigma} = k_1 + k_2 t \quad (5)$$

em que σ_0 é a tensão inicial e σ é a tensão medida após um tempo t de relaxamento. As constantes k_1 e k_2 têm significado físico e são úteis na interpretação dos resultados de testes de relaxamento e para comparação de curvas de relaxamento de amostras processadas de forma diferente. O recíproco de k_1 representa a taxa com que a tensão decai durante o teste de relaxamento.

O inverso de k_2 representa o nível assintótico em que a tensão normalizada decai quando o tempo da fase de relaxamento tende ao infinito, podendo ser usado com um parâmetro objetivo expressando a condição hipotética de equilíbrio. Desta forma, representa também a parcela da

tensão que não relaxa. O valor de $1/k_2$ varia entre 0, para sólido puramente elástico (0% de relaxamento), e 1, para líquido puramente viscoso (100% de relaxamento) (STEFFE, 1996).

Outra forma de quantificar as mudanças nas propriedades mecânicas por meio dos testes de relaxamento é determinar o tempo de relaxamento, definido como o tempo requerido para que a tensão, a uma deformação constante, decaia para $1/e$ do seu valor original, sendo e a base do logaritmo natural. Uma vez que $1/e = 0,3678$, o tempo de relaxamento é o tempo necessário para que a força decaia para 36,8% do seu valor original (BOURNE, 2002).

De Rensis et al. (2009) utilizaram o modelo proposto por Peleg (1979) na avaliação de três marcas de queijo prato *light*. Verificaram, por meio dos testes de relaxamento, que os módulos de elasticidade e viscosidade de uma das marcas foram superiores às outras, indicando maior rigidez do produto. Foi avaliada também a influência do armazenamento no perfil reológico, sendo que as três marcas apresentaram redução nos módulos de viscosidade e elasticidade com o tempo, indicando que a maturação reduziu a firmeza do produto, ou seja, tornou os queijos mais macios. Estas observações foram relacionadas com a proteólise primária (devida ao coalho) e secundária (devida a enzimas oriundas da cultura láctea) ocorrida nos queijos.

2.4.2. Teste de Fluência e Recuperação

O teste de fluência e recuperação é aplicado em alimentos para verificar o comportamento reológico do produto em relação ao tempo. Neste teste, uma tensão instantânea e constante é aplicada à amostra, sendo observada a deformação com o tempo. A recuperação da sua forma após cessar da tensão também é observada ao longo do tempo.

O estudo da curva de fluência e recuperação permite identificar as regiões de deformação totalmente reversível, a deformação viscoelástica e a deformação viscosa (deformação permanente).

Os dados de fluência podem ser avaliados pela compliância (J), em que se relaciona a deformação (γ) com tensão (σ_0) em função do tempo (t):

$$J = f(t) = \frac{\gamma}{\sigma_0} \quad (6)$$

A compliância do corpo como o todo é a soma das compliâncias devidas à parte elástica e viscosa do material, sendo que esta última varia com o tempo.

O modelo mecânico de Kelvin descreve bem o comportamento dos materiais viscoelásticos, mas o modelo de Burgers tem sido amplamente aplicado por explicar melhor os efeitos ocorridos em material biológico. O modelo de Burgers traz o de Maxwell e Kelvin em série (Figura 2).

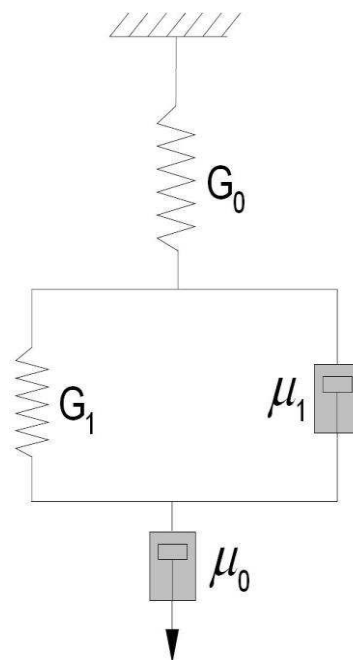


Figura 2 – Modelo de Burgers
Fonte: Steffe (1996).

Este modelo pode ser representado pela equação 7:

$$J(t) = J_0 + J_1(1 - e^{-\frac{t}{\lambda_{ret}}}) + \frac{t}{\mu_0} \quad (7)$$

em que J_0 representa a compliância instantânea, originada pelo modelo de Maxwell, representando, assim, a parte elástica do material.

A compliância gerada pelo modelo de Kelvin J_1 é chamada de compliância retardada e pode ser entendida como a deformação que ocorre com o tempo pela viscoelasticidade do material. O tempo de retardação (λ_{ret})

é o tempo requerido para um material viscoelástico alcançar a máxima deformação.

A parte viscosa do material é representada pela viscosidade newtoniana μ_0 , ou seja, a deformação permanente do material. Uma extensão deste modelo pode ser feita incluindo vários elementos de Kelvin e mantendo um único de Maxwell.

Messens et al. (2000), estudando o comportamento reológico do queijo gouda durante o período de armazenamento, observaram que a compliância instantânea nos queijos foi maior no tempo zero e menor com 42 dias de maturação, tendo concluído que a maturação aumentou a rigidez dos queijos. Também foi verificado aumento da viscosidade newtoniana (μ_0), caracterizando maior resistência ao escoamento com o tempo de maturação.

2.4.3. Testes Oscilatórios

Os ensaios oscilatórios consistem em promover, no material, uma variação senoidal da deformação, ou da tensão, observada como resposta a uma variação da tensão necessária à imposição da deformação, ou no segundo caso, à deformação consequente da tensão aplicada. Os testes oscilatórios dão informações importantes sobre o comportamento viscoelástico, pois permitem medir, separadamente, os elementos elástico e viscoso de um material viscoelástico, ou seja, o módulo de armazenamento (G') e o módulo de perda (G''), respectivamente (STEFFE, 1996).

Um sólido perfeito, submetido a uma tensão ou deformação controlada, apresenta as curvas de tensão e deformação em fase (deslocamento igual a zero). Nos fluidos newtonianos, a tensão e a deformação estão fora de fase com uma defasagem em 90° . A Figura 3 apresenta as frequências de deformação e tensão para o sólido ideal, o fluido newtoniano e um material viscoelástico (STEFFE, 1996).

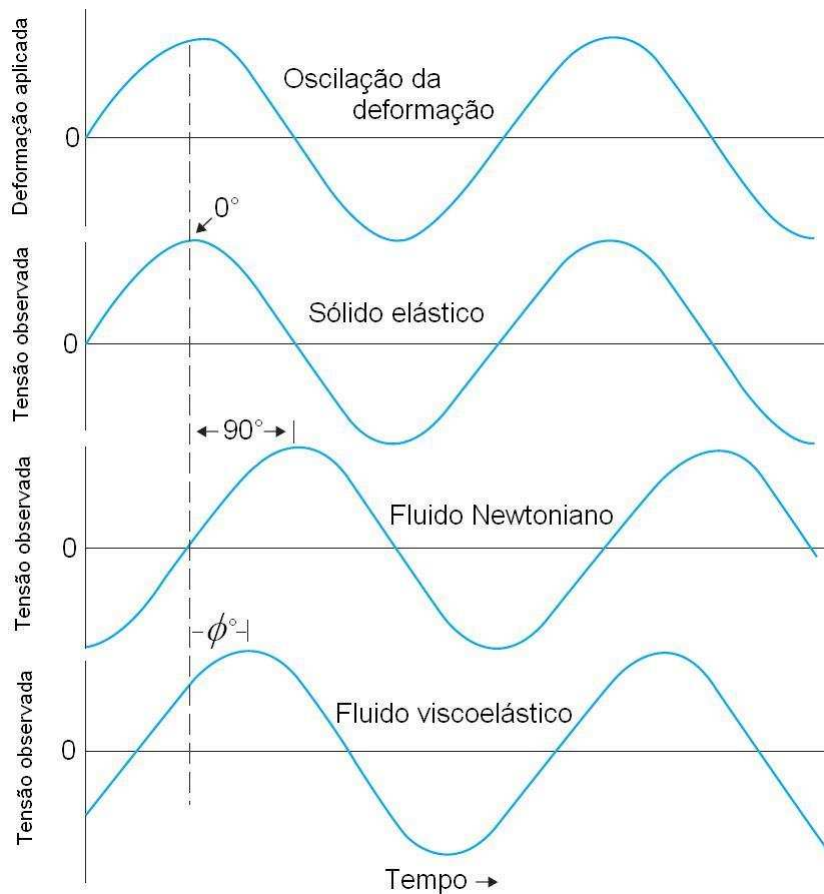


Figura 3 - Tensão e deformação de fluido Newtoniano e fluido “Hookeano” (sólido perfeitamente elástico) em teste dinâmico.
Fonte: Boune (2002).

A resposta obtida nos ensaios, mantendo a tensão ou deformação controlada, para os materiais viscoelásticos, terá uma defasagem no ângulo δ entre 0° e 90° . Da curva obtida, tem-se o módulo de armazenamento G' e de perda G'' obtidos por meio do G^* (módulo de cisalhamento dinâmico complexo).

$$G' = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \cos \delta = |G^*| \cos \delta \quad (8)$$

$$G'' = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \sin \delta = |G^*| \sin \delta \quad (9)$$

A proporção entre os componentes viscosos e elásticos pode ser obtida por meio da equação, em que $\tan \delta$ representa a tangente do ângulo de perda.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{G''}{G'} \quad (10)$$

Kahyaoglu e Kaya (2003) determinaram os módulos de armazenamento e de perda de queijos *Gaziantep*, com teores reduzidos de gordura, submetidos a diferentes tratamentos térmicos. Observaram que tanto as amostras que sofreram quanto as que não sofreram aquecimento apresentaram maiores módulos de armazenamento, caracterizando os queijos como mais elásticos do que viscosos. Com relação ao efeito da gordura, verificaram aumento progressivo nos módulos G' e G'' com a redução do teor de gordura nos queijos, concluindo que a remoção da gordura leva a uma concentração maior da matriz de caseína, acarretando aumento do componente elástico e viscoso. O efeito da temperatura no tratamento da coalhada também aumentou o G' e G'' dos tratamentos, pois a temperatura influenciou diretamente na perda de umidade dos queijos, obtendo assim uma matriz de caseína mais compacta. Concluíram que tanto a redução da gordura como aumento de temperatura no tratamento da coalhada levam a um produto mais rígido.

Na área de alimentos, conhecer apenas suas características físicas não é o suficiente, sendo fundamental conhecer como o indivíduo reage ao estímulo provocado pelo alimento. A psicofísica é o estudo da relação entre os estímulos mensuráveis e as respostas correspondentes, e a psicorreologia pode ser definida como um ramo da psicofísica que lida com a percepção sensorial das propriedades reológicas de alimentos ou, em outra definição, como a relação entre as preferências dos consumidores e propriedades reológicas de alimentos. Ambas as definições são destinadas a preencher a lacuna entre o físico, ou propriedades reológicas de alimentos, e a percepção sensorial humana (BOURNE, 2002).

Embora o estudo da reologia em alimentos seja de suma importância, esta ciência pode não atender todos os aspectos que devem ser incluídos na definição ampla de textura dos alimentos. Por exemplo, a mastigação é um processo em que pedaços de alimentos são fragmentados e desintegrados, mas este processo não pertence ao domínio da reologia. A capacidade do alimento ao entrar em contato com saliva, absorvê-la ou

liberar umidade ou lipídios, produz importantes sensações de textura, que também não pertencem ao campo da reologia, mas devem ser estudadas. Com intuito de responder às questões relacionadas às características físicas do alimento e à percepção sensorial, foram desenvolvidas em 1963 a metodologia de perfil de textura e a análise de perfil de textura instrumental (BOURNE, 2002).

2.4.4. Análise de Perfil de Textura (*Texture Profile Analysis* - TPA)

A textura dos alimentos é algo subjetivo, uma vez que está relacionada com a percepção humana ao consumir um alimento. Segundo a ISO (Organização Internacional de Normalização, 1992), a textura é definida como o conjunto de propriedades reológicas de um produto alimentício, perceptíveis por meio de receptores mecânicos, táteis e, eventualmente, visuais e auditivos (GUNASEKARAN e AK, 2003). De uma forma mais simples, a textura é definida como o conjunto de sensações percebidas durante a manipulação e mastigação do alimento (RAMOS, 1997).

O processo fisiológico de mastigação é bastante complexo. O ser humano mede e integra as percepções sensoriais do alimento, que sofre transformação contínua durante a mastigação. Para reduzir os gastos e a variabilidade dos testes com indivíduos, foram realizadas muitas tentativas para produzir instrumentos que simulem percepções sensoriais (DUIZER et al., 1996).

Equipamentos têm sido desenvolvidos para realizar a TPA, em que um conjunto de medidas são feitas com base na imitação da compressão de uma mordida em um pedaço de alimento, representando duas vezes a movimentação da ação da boca (BOURNE, 2002 e BOSI, 2008). Estes equipamentos consistem basicamente em três elementos: um “*probe*” (objeto de aplicação da força), uma fonte de movimento e um registrador. As propriedades mecânicas são estudadas submetendo o alimento a uma força e observando a deformação produzida pelo esforço correspondente (RICHTER, 2006).

Na Figura 4, estão apresentadas as áreas A1 e A3, que representam o primeiro ciclo de compressão, e a área A2, o segundo ciclo, ou seja,

representam duas movimentações da boca humana durante a mastigação do alimento. A curva da área A1 é construída pelo movimento de compressão do alimento pelo *probe*, o pico da curva indicando a Dureza (firmeza) do produto, ou seja, o quanto o alimento pode ser comprimido. A área negativa do primeiro ciclo (A3) de compressão descreve a força necessária para a retirada do *probe* do alimento, ou seja, sua adesividade. Já a área A2 representa a compressão do segundo ciclo, sendo que o pico de força de compressão do segundo ciclo é menor que o do primeiro ciclo, devido à estrutura interna do produto ter sido rompida durante a primeira compressão. Portanto, a relação $A2/A1$ descreve a quantidade de energia necessária para romper a estrutura interna do produto (coesividade), e a distância entre o ponto B e C representa a recuperação do produto após a compressão, ou seja, a elasticidade do alimento (BOURNE, 2002).

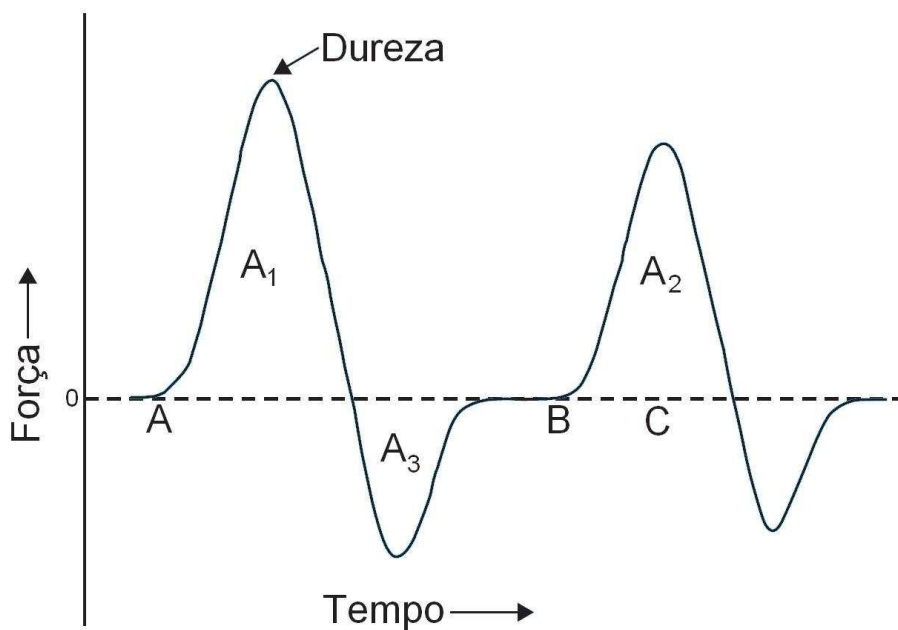


Figura 4 - Curva típica de Análise de Perfil de Textura.
Fonte: Bourne (2002).

A análise de perfil de textura (TPA) fornece parâmetros, Tabela 1, que podem ser correlacionados com os atributos sensoriais.

Lobato-Calleros et al. (2001) elaboraram queijos Manchego com diferentes substitutos de gorduras e compararam o perfil de textura deles com os queijos com teor de gordura convencional. Verificaram que, para os parâmetros dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade, o queijo produzido com concentrado proteico de soro não diferiu significativamente do queijo convencional. Este resultado também pôde ser verificado sensorialmente, sendo que os julgadores não perceberam diferenças entre estas amostras.

Tabela 1 – Definições instrumentais, físicas e sensoriais dos parâmetros de perfil de textura.

Parâmetros	Definição instrumental	Definição física	Definição sensorial
Dureza/Firmeza (N)	É definido como o pico de força durante o primeiro ciclo de compressão.	Força necessária para produzir certa deformação.	Força requerida para compressão entre os dentes molares (para sólidos) e entre o língua e o palato (para semissólidos).
Coesividade	Razão positiva entre as áreas do segundo ciclo de compressão pelo primeiro ciclo de compressão.	Quantidade de energia necessária para romper as ligações internas das amostras.	Grau com que uma substância é comprimida entre os dentes antes de se romper.
Elasticidade (mm)	É a medida que o alimento atinge entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo.	Quanto que o material deformado volta à condição não deformada depois que a força de compressão é removida.	Grau com que o produto volta à sua forma original.
Adesividade (J)	É a área de força negativa do primeiro ciclo de compressão, representando a força necessária para a retirada da <i>probe</i> do alimento.	Trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e outra superfície com a qual o alimento está em contato.	Força requerida para remover o alimento que adere à boca (palato).
Mastigabilidade (J)	É definida como o produto entre a coesividade, elasticidade e dureza.	Força para desintegrar alimentos sólidos até a deglutição	Força requerida para mastigar uma amostra sólida até a deglutição

Fonte: Bourne (2002) e Gunasekaran e Ak (2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo da incorporação de CPS na matriz do queijo e a elaboração das formulações foram realizados na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), nos Laboratórios de Análise de Alimentos, Engenharia e Processo, Panificação e Leite e Produtos Lácteos.

Neste estudo, foram utilizados leite desnatado, pasteurizado e não homogeneizado, obtido no comércio local, e leite integral doado pela UESB.

Foram utilizados o coagulante da Marca Ha-Ia® e o Concentrado proteico de soro - CPS (*Whey Protein*) da marca Maxnutry, contendo 75% de proteínas.

3.1. Incorporação do concentrado proteico do soro no queijo

Para incorporação do concentrado proteico de soro (CPS) à matriz proteica do queijo, foi feito um tratamento térmico para desnaturar totalmente ou parcialmente as proteínas do CPS. Para tal, uma alíquota de 25% do volume total de leite foi retirada e acrescida de CPS (OUTINEN, 2010). A dissolução ocorreu à temperatura ambiente (30°C) com auxílio de um agitador magnético. Para a determinação das condições favoráveis na retenção destas proteínas na massa do queijo, foram estudados o binômio Tempo x Temperatura, quantidade de concentrado proteico e o pH do leite. A eficiência da retenção das proteínas do soro na massa coagulada foi medida por meio da equação 11:

$$PRQ(\%) = \frac{m_{P,Q}}{m_L + m_{CPS}} \times 100 \quad (11)$$

em que PRQ : Proteína retida no queijo; $m_{P,Q}$: massa de proteína contida no queijo; m_L : massa de leite; e m_{CPS} : massa de concentrado proteico.

Além disso, observações tecnológicas, como tempo de coagulação, formação de coalhada e sinerese, foram anotadas para verificar a operacionalidade do processo posteriormente.

O experimento foi conduzido no Delineamento Inteiramente Casualizado, com os tratamentos seguindo o Delineamento Cubo de Face

Centrada (DCFC). Foram avaliados 25 tratamentos, com quatro repetições no ponto central para obter a estimativa do erro experimental, totalizando 28 unidades experimentais. As Tabelas 2 e 3 apresentam os limites inferiores e superiores de cada variável em estudo e o delineamento com as variáveis codificadas e não codificadas, respectivamente. Tais limites foram sugeridos com base nos trabalhos de Lobato-Calleros et al. (2001), Hinrichs (2001), Rynne et al. (2003) e Kethireddipalli et al. (2010), sendo avaliadas as temperaturas de 70°C, 80°C e 90°C com tempo de 5, 10 e 15 minutos. Os valores de pH foram de 5,8, 6,3 e 6,8 e o percentual de CPS adicionado, de 0, 0,5 e 1,0 %.

Tabela 2 – Limite inferior e superior das variáveis em estudo

Variável	Limite inferior	Limite superior
Temperatura (°C)	70	90
Tempo (min.)	5	15
pH	5,8	6,8
Teor de CPS% (m/m)	0	1

A alíquota de leite acrescida do CPS teve o pH ajustado com adição de ácido láctico 85%, conforme delineamento. Após ajuste do pH, esta alíquota foi submetida ao tratamento térmico e posteriormente misturada ao restante do leite já pasteurizado (65°C/30min). O pH foi novamente corrigido, seguido da adição de cloreto de cálcio (solução 50% (m/v)) na concentração de 0,05% (v/v) e do coagulante Ha-la® na concentração de 0,09% (v/v) (conforme recomendações do fabricante).

Procedeu-se ao corte e à dessoragem, simulando uma produção de queijo. Na massa obtida, foram determinados os teores de proteína e umidade bem como o rendimento [massa obtida (g)/leite (g) + CPS (g)], sendo possível a obtenção PRQ.

Os resultados foram analisados por meio de análise de regressão, utilizando o software SAS, licenciado pela UFV.

Tabela 3 – DCFC com as variáveis codificadas, utilizado no experimento.

Tratamento	Variáveis Originais				Variáveis Codificadas			
	pH	CPS	Temperatura	Tempo	X1	X2	X3	X4
1	5,8	0	70	5	-1	-1	-1	-1
2	5,8	0	70	15	-1	-1	-1	1
3	5,8	0	90	5	-1	-1	1	-1
4	5,8	0	90	15	-1	-1	1	1
17	5,8	0,5	80	10	-1	0	0	0
5	5,8	1	70	5	-1	1	-1	-1
6	5,8	1	70	15	-1	1	-1	1
7	5,8	1	90	5	-1	1	1	-1
8	5,8	1	90	15	-1	1	1	1
19	6,3	0	80	10	0	-1	0	0
21	6,3	0,5	70	10	0	0	-1	0
22	6,3	0,5	90	10	0	0	1	0
23	6,3	0,5	80	5	0	0	0	-1
24	6,3	0,5	80	15	0	0	0	1
25	6,3	0,5	80	10	0	0	0	0
25	6,3	0,5	80	10	0	0	0	0
25	6,3	0,5	80	10	0	0	0	0
25	6,3	0,5	80	10	0	0	0	0
20	6,3	1	80	10	0	1	0	0
9	6,8	0	70	5	1	-1	-1	-1
10	6,8	0	70	15	1	-1	-1	1
11	6,8	0	90	5	1	-1	1	-1
12	6,8	0	90	15	1	-1	1	1
18	6,8	0,5	80	10	1	0	0	0
13	6,8	1	70	5	1	1	-1	-1
14	6,8	1	70	15	1	1	-1	1
15	6,8	1	90	5	1	1	1	-1
16	6,8	1	90	15	1	1	1	1

3.2. Processamento do queijo de coalho

Após a determinação das condições ideais para a retenção do CPS na massa coagulada, os queijos de coalho foram produzidos variando o teor de gordura no leite em 1,0%, 1,3%, 1,6%, 1,9% e 2,2%, pois estes níveis de gordura acarretam em queijos de coalho *light*. Segundo a legislação (BRASIL, 2012), para ser considerado *light*, o produto deve ter uma redução de 25% em algum componente (lipídeos, proteínas, sódio, carboidratos). As formulações de queijos de coalho *light* estão designadas no texto como

F1,0; F1,3; F1,6; F1,9; e F2,2, que correspondem, respectivamente, aos queijos produzidos com 1,0%, 1,3%, 1,6%, 1,9% e 2,2% de gordura no leite.

As etapas de produção dos queijos de coalho *light* estão sintetizadas na Figura 5.

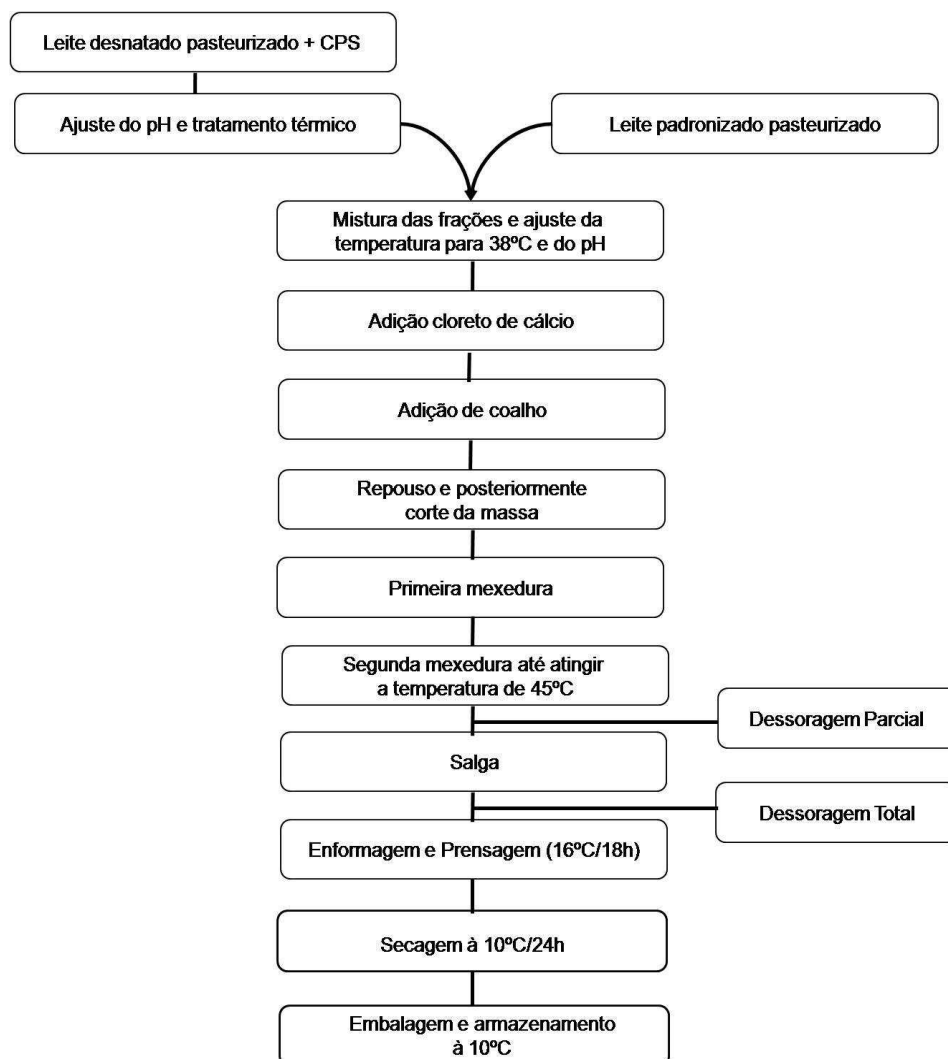


Figura 5: Etapas de produção do queijo de coalho *light*

Os queijos foram produzidos em escala piloto, utilizando vasilhames cilíndricos de alumínio com volume de leite correspondente a dez litros para cada formulação. Os cortes e a mexedura foram feitos com faca e espátula, respectivamente, simulando as condições do processo artesanal feito por diversos produtores da região nordeste.

Para elaboração dos queijos, foram utilizados leite desnatado e leite integral, ambos pasteurizados a 65°C/30 minutos, para obtenção dos níveis

de gordura conforme o delineamento experimental. Para a incorporação do CPS, fez-se uso do leite desnatado, correspondente a uma alíquota de 25% do volume total de leite usado no processo. A mistura de leite desnatado e CPS teve pH ajustado e foi submetida a um tratamento térmico (predeterminado). Após o tratamento térmico, houve a mistura das frações (leite desnatado + CPS e leite padronizado), seguida do ajuste da temperatura (mantida em 38 °C) e da correção do valor de pH. Foram adicionados solução de cloreto de cálcio 50% (m/v) na concentração de 0,05% (v/v) e o coagulante Ha-la[®] na concentração de 0,09% (v/v) (conforme recomendações do fabricante).

Após o período de coagulação, a massa foi cortada verticalmente (longitudinal e transversal), obtendo fatias de aproximadamente 1,5 cm. O corte horizontal foi realizado lentamente junto à primeira mexedura, e o tempo necessário para a padronização dos tamanhos dos grãos foi de 15 minutos. A segunda mexedura ocorreu com o aumento gradativo da temperatura (0,5 °C/minuto) até atingir 45 °C, o que correspondeu a um tempo médio de 20 minutos. Foi feita uma dessoragem quase total (aproximadamente 90% do soro foi removido), seguida da salga na massa com adição de 2% (m/v) de NaCl (percentual sobre o volume de leite usado no processo) e da homogeneização do sal na massa. O restante do soro foi removido, e a massa, enformada (formas retangulares de 1 kg). As formas (total de 5 unidades) foram empilhadas e prensadas por meio de uma prensa manual, com peso de 10 kg. A ordem das formas na prensa foi aleatória e, após quinze minutos, houve a viragem dos queijos e rodízio na prensa. Este processo se deu em temperatura controlada (16 °C), por um período de 18 horas. Após a prensagem, os queijos foram mantidos sob refrigeração (10°C) para a secagem por 24 horas. Foram embalados a vácuo em envoltório de polietileno e armazenados a 10°C até sua utilização.

Para verificar as condições higiênico-sanitárias dos queijos produzidos, foram efetuadas as análises microbiológicas dos grupos coliformes totais e coliformes termotolerantes. Tais procedimentos seguiram a metodologia oficial recomendada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003a).

3.3. Caracterização físico-química dos queijos de coalho *light*

As análises para determinação da composição centesimal das amostras foram realizadas em triplicatas, de acordo com os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos (BRASIL, 2006). Foram determinados o pH, a acidez titulável, os percentuais de proteínas, gordura, água, resíduo mineral fixo (RMF) e cloretos. O valor médio para os carboidratos foi mensurado pela diferença percentual da soma dos constituintes, água, proteína, gordura e RMF.

O valor energético (valor calórico) dos queijos de coalho *light* foi obtido utilizando o fator de correção para os nutrientes. O valor energético para a gordura é de 9 kcal/g e para os carboidratos e as proteínas, de 4 kcal/g (BRASIL, 2003b).

Cinco marcas comerciais de queijo de coalho foram analisadas quanto à composição e valor energético para fins comparativos entre os queijos de coalho *light* desenvolvidos e os tradicionais comercializados.

3.4. Análise de textura dos queijos

3.4.1. Perfil de Textura Instrumental

A análise instrumental do perfil de textura foi realizada no Laboratório de Ensaio de Materiais da UESB. Utilizou-se um texturômetro da marca *Stable Micro Systems TA.HD plus*, previamente calibrado, equipado com uma célula carga de 50 kg, utilizando um prato de compressão (*probe*) de 100 mm. Para a realização dos testes, as amostras foram cortadas na forma cilíndrica com diâmetro igual a 23 mm e altura 20 mm, sendo o teste realizado em sextuplicata. A velocidade para o pré-teste, teste e pós-teste foi de 1 mm.sec⁻¹ (GUNASEKARAN e AK, 2003). Foram estudadas duas compressões, a 30% da altura inicial, sem destruição do corpo de prova, e a 75%, com destruição do corpo de prova. Os parâmetros dureza, adesividade, mastigabilidade, elasticidade, coesividade e resiliência foram gerados por meio das curvas de força versus tempo, utilizando o *software Exponent*.

3.4.2. Caracterização reológica

As análises reológicas dos queijos foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento e Simulação de Processos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, utilizando um reômetro oscilatório HAAKE MARS (*Modular Advanced Reometer System, Thermo Electron Corp., Alemanha*), equipado com um banho termostático (*Phoenix 2C30P, Thermo Electron Corp., Alemanha*), utilizou-se o sensor de placas paralelas serrilhadas de 20 mm de diâmetro (PP 20S) para todas as amostras.

3.4.2.1. Testes Oscilatórios

Foram realizados testes oscilatórios nas amostras de queijo de coalho para obter informações sobre comportamento viscoelástico dos queijos. A região de viscoelasticidade linear de cada formulação foi determinada a 25°C pela aplicação de uma varredura de tensão (0,1 a 1500 Pa) à frequência constante de 1 Hz.

Uma vez determinada a região de viscoelasticidade linear, foram realizados os testes oscilatórios, a 25°C, com uma varredura de frequência (0,01 a 10 Hz) a uma tensão constante. Foram determinados os módulos de armazenamento ou estocagem (G'), o módulo de perda (G'') e a $\tan \delta$ ($=G''/G'$), sendo δ o ângulo de diferença entre as fases das curvas oscilatórias de tensão e deformação.

O comportamento viscoelástico dos queijos em função da temperatura foi estudado por meio de uma varredura de temperatura (de 5 °C a 85 °C), a uma frequência constante de 1 Hz.

3.4.2.2. Ensaio de fluência e recuperação

O teste de fluência e recuperação foi realizado pela aplicação de uma tensão constante (na região de viscoelasticidade linear) por 180 segundos. A recuperação da amostra, após cessar a tensão, também foi observada por 180 segundos.

Os dados de deformação com o tempo foram analisados usando um modelo de Burgers (equação 12):

$$\frac{\gamma}{\sigma} = \frac{\gamma_1}{\sigma} + \frac{\gamma_2}{\sigma} + \frac{\gamma_3}{\sigma} = J_0 + J_1 \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{\lambda_{ret}}\right)\right) + \frac{1}{\mu_0} \cdot t \quad (12)$$

em que γ é a deformação total no tempo t (s), que consiste de γ_1 (deformação elástica instantânea); γ_2 (deformação elástica retardada)e γ_3 (deformação viscosa,); σ (Pa) é a tensão constante aplicada; J_0 (Pa^{-1}) é o compliância instantânea; J_1 (Pa^{-1}) é a compliância do retardo; μ_0 (Pa.s) é o módulo viscoso; e λ_{ret} (s) é o tempo de retardo, definido como o tempo requerido para atingir a deformação máxima a uma dada tensão.

3.4.2.3. Ensaio de relaxamento de tensão

Os testes de relaxamento foram realizados medindo a queda da tensão durante 10 minutos após a deformação da amostra em 10% da altura inicial. As amostras foram cortadas obtendo o diâmetro e a altura de 20 mm.

As curvas de relaxamento de tensão obtidas foram ajustadas ao modelo de Maxwell generalizado, com dois elementos (CUNHA, 2002, STEFFE, 1996), em que σ representa a tensão, σ_e é a tensão de equilíbrio, σ_0 é a tensão inicial, t é o tempo de decaimento da tensão e λ_{rel} corresponde ao tempo de relaxamento do material (equação 13).

$$\sigma = f(t) = \sigma_0 + (\sigma_0 - \sigma_e)_1 \exp\left(\frac{-t}{(\lambda_{rel})_1}\right) + (\sigma_0 - \sigma_e)_2 \exp\left(\frac{-t}{(\lambda_{rel})_2}\right) \quad (13)$$

Os dados também foram analisados conforme modelo proposto por Peleg (1979), por meio do modelo matemático (equação 14)

$$\frac{\sigma_0 t}{\sigma_0 - \sigma} = k_1 + k_2 t \quad (14)$$

em que σ_0 é a tensão inicial e σ é a tensão medida após um tempo t de relaxamento. Os recíprocos das constantes k_1 e k_2 representam a taxa com que a tensão decai e a parcela da tensão que não relaxa, respectivamente.

3.5. Análise Sensorial dos Queijos

3.5.1. Perfil Sensorial Convencional

O método utilizado para a caracterização sensorial foi uma adaptação da análise descritiva quantitativa (ADQ) desenvolvida por Stone et al. (1974), que descreve as principais características que compõem o sabor, aroma, textura e aparência de um alimento, além de medir a intensidade das sensações percebidas (STONE e SIDEL, 1993).

3.5.1.1. Condições dos testes para descrição do perfil sensorial

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Módulo de Laboratórios da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia na parte da manhã e à tarde, no horário das 9:00 às 11:30 e de 15:00 às 17:30, respectivamente. O levantamento dos atributos à seleção dos provadores e avaliação final das formulações foram realizados em cabines individuais sob luz branca, onde foram avaliados os atributos relativos à aparência, aroma, sabor e textura. As amostras foram cortadas em cubos de 1 cm de aresta servidas sobre pratos plásticos, devidamente codificados (três dígitos aleatórios) e sem assar ou fritar.

3.5.1.2. Recrutamento de candidatos a julgadores e pré-seleção de julgadores

Foram distribuídos 50 questionários entre professores, estudantes e servidores da UESB, avaliando a disponibilidade de tempo, familiaridade com os termos descritivos, habilidades para usar escalas de intensidade, o hábito de consumo do produto e aspectos relacionados à saúde do indivíduo. A partir destes questionários preenchidos, os julgadores foram recrutados para a pré-seleção. Nesta etapa, os julgadores foram submetidos a uma série de testes triangulares, sendo utilizadas para tal duas marcas comerciais de queijos coalho. O teste foi repetido quatro vezes, e os candidatos que tiveram percentagem mínima de 75% de respostas corretas foram selecionados.

3.5.1.3. Levantamento dos termos descritivos e treinamento de julgadores

Para o levantamento de termos descritivos, foi utilizado o método rede, proposto por Moskowitz (1983), com apresentação de uma lista prévia (Tabela 4). As amostras formuladas (tratamentos) foram apresentadas aos pares, solicitando que os julgadores indicassem similaridades e diferenças entre elas. Com a lista dos atributos levantados, foi realizada uma discussão entre os julgadores, para que houvesse um consenso e posteriormente a definição dos termos descritivos do alimento e seus respectivos conceitos (STONE et al., 1974). Os atributos obtidos e suas definições estão apresentados na Tabela 5.

Os padrões ou referências dos atributos levantados foram apresentados aos julgadores e averiguada a concordância de todos os membros em relação tais padrões (Tabela 5). Estes padrões devem representar os extremos das escalas não estruturadas, sem extrapolar as sensações percebidas. Os julgadores fizeram o treinamento até que estivessem capacitados e com segurança para avaliar as amostras.

3.5.1.4. Seleção final dos julgadores

Foi feito um teste para verificar o desempenho dos julgadores, em que duas amostras de queijo foram apresentadas numa mesma sessão, em quatro repetições. Os julgadores foram selecionados de acordo com sua habilidade em discriminar as amostras e repetir os resultados (DAMÁSIO e COSTELL, 1991). Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), com duas fontes de variação (repetição e amostra), por julgador, para cada atributo sensorial. Foram excluídos os julgadores que apresentaram probabilidade de $F_{amostra} \geq 0,50$ ou probabilidade de $F_{repetição} \leq 0,05$ em pelo menos um dos atributos. Tais análises foram realizadas no SAS, licenciado para uso pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Tabela 4 – Lista prévia dos termos descritivos de queijo de coalho.

Atributo	Definição
Aparência	
Cor amarela	Intensidade da cor amarela característica de queijo coalho, variando do amarelo esbranquiçado ao amarelo escuro.
Olhaduras	Orifícios de tamanho e formas irregulares, distribuídos no queijo
Liberção de soro	Liberção de líquido variando de gotículas na superfície a uma quantidade visível de líquido separado do queijo
Aroma	
Queijo de coalho	Aroma característico de queijo coalho
Leite	Aroma característico de leite pasteurizado
Manteiga	Aroma característico de manteiga
Azedo	Aroma característico de leite azedo
Sabor	
Queijo de coalho	Sabor característico de queijo coalho
Manteiga	Sabor que lembra manteiga
Salgado	Gosto conferido pela presença de sal na amostra
Ácido	Gosto conferido pela acidez, percebida ao comprimir a amostra na boca
Residual amargo	Gosto amargo que permanece na boca por algum tempo após a ingestão da amostra
Textura	
Borrachento	Propriedade de textura do queijo que provoca o ranger nos dentes durante a mastigação
Maciez	Propriedade de textura que oferece pouca resistência à mastigação, variando de firme até macio
Esfarelento	Capacidade de a amostra se esfarelar facilmente na boca
Massento	Dificuldade em lubrificar o alimento até ficar ideal para engolir, devido à adesão na boca

Fonte: Andrade (2006).

Tabela 5 – Atributos, definições e padrões que fizeram parte do estudo.

Atributos	Aparência	Padrões
Cor branca amarelada	Cor característica do queijo de coalho	Claro: logurte natural Pitty Escuro: Requeijão cremoso Gostoso
Liberação de soro	Descreve o aspecto da superfície do queijo onde há liberação de soro da massa.	Pouco: Queijo de coalho Pitty Muito: Queijo minas frescal Cooleite
Aroma		
Aroma de queijo	É o aroma característico de queijos não maturados.	Fraco: Formulação F1,0 Forte: Queijo de coalho Pitty
Sabor		
Gosto salgado	Sensação provocada pela degustação de soluções aquosas de cloreto de sódio	Pouco: Queijo Minas frescal Cooleite Muito: Queijo de coalho Tirolez
Sabor de queijo	É o sabor brando característico dos queijos recém-fabricados e que não foram maturados	Fraco: Formulação F1,0 Forte: Formulação F2,2
Textura		
Borrachento	Propriedade de textura que provoca ranger nos dentes durante a mastigação	Pouco: Minas Padrão Gostoso Muito: Formulação F1,0
Maciez	Descreve a propriedade de textura que se relaciona à força necessária para obter uma dada deformação no produto	Pouco: Queijo de coalho Pitty Muito: Queijo Minas Padrão Gostoso
Esfarelento	Capacidade de a amostra se esfarelar facilmente na boca.	Pouco: Queijo de coalho Pitty Muito: Ricota Pitty

3.5.1.5. Avaliação das amostras e análise dos resultados.

A análise final dos queijos pelos julgadores treinados foi conduzida em cabines individuais, de forma monádica e aleatória, conforme descrito no item 3.3.2.1. O modelo da ficha de avaliação utilizada está apresentado na Figura 6.

Os dados coletados foram submetidos à ANOVA com as fontes de variação (tratamento e julgador) e interação tratamento x julgador, para cada atributo. Foi realizada também a Análise de Componentes Principais e a análise de regressão dos atributos em função do teor de gordura. Todos os procedimentos foram realizados no SAS, v.9, licenciado para uso pela UFV.

Ficha da ADQ

Nome: _____

Data

___/___/___

Por favor, analise a amostra de queijo de coalho e preencha na sequência em que os atributos aparecem em sua ficha de avaliação. Faça um traço vertical na linha, indicando a posição que melhor reflita seu julgamento. Enxágue a boca após a avaliação e aguarde a próxima amostra.

Código da amostra _____

Aparência

Cor Branca
Amarelada

Claro |-----| Escuro

Liberção
de soro

Pouco |-----| Muito

Aroma

Aroma
de queijo

Fraco |-----| Forte

Sabor

Gosto
Salgado

Pouco |-----| Muito

Sabor
de Queijo

Fraco |-----| Forte

Textura

Borrachento

Pouco |-----| Muito

Maciez

Pouco |-----| Muito

Esfarelento

Pouco |-----| Muito

Figura 6 – Modelo da ficha de avaliação dos atributos obtidos no Perfil Convencional

3.5.2. Aceitabilidade e perfil dos consumidores

A aceitabilidade dos queijos foi verificada em relação aos atributos, aparência, aroma, sabor e textura e a impressão global dos queijos. O teste de aceitação foi conduzido no laboratório de Análise Sensorial da UESB, em cabines individuais, sob luz branca, sendo as amostras oferecidas a cem julgadores não treinados em uma única sessão, e para tal utilizada uma escala hedônica de 9 pontos. As amostras queijo de coalho foram cortadas em cubos de 1 cm de aresta e servidas assadas em chapas de teflon por 3,0 minuto (VIANA, et al. 2011). Foram servidas em pratos descartáveis, codificados com números de três dígitos e aleatorizadas.

Um questionário foi elaborado e distribuído aos consumidores que participaram do teste para averiguar seu perfil com relação ao consumo de queijos de coalho (Figura 7).

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: () M () F Tel.: _____

Grau de escolaridade: () Ensino Fundamental () Ensino Médio
() Superior Incompleto () Superior Completo () Pós-Graduação

1. Das opções abaixo, qual mais se aproxima do seu hábito de consumir queijo de coalho?
() Todos os dias () duas vezes/semana () uma vez/semana
() uma vez/mês () Menos de uma vez/mês
2. Como você consome o queijo de coalho?
() Assado () Frito () Natural
Outro _____
3. Em que ocasião você consome queijo de coalho?
() lanche () churrasco () café da manhã
() ingrediente culinário (refeições) () outros _____
4. O que leva você a comprar queijo de coalho?
() saboroso/apetitoso () preço () marca () novidade
() saudável () qualidade
5. Ordene, considerando 6 como mais importantes e 1 como menos importantes as características que você observa na hora de comprar queijo de coalho.
() Marca () Preço () Informação Nutricional
() Prazo de validade () *Design* da embalagem () Qualidade
6. Ordene os atributos com relação ao grau de importância na qualidade do queijo de coalho. Considere 5 como o atributo que mais influencia na qualidade do produto e 1 como o que menos influencia na qualidade do produto.
() sabor () aroma () textura () aparência
() Característica de não derretimento
7. Você consome produtos *light*?
() Sim () Não
8. Você compraria um queijo de coalho *light* (com baixo teor de gordura)?
() Sim () Não

Figura 7 – Questionário aplicado aos consumidores de queijo de coalho que participaram da análise sensorial.

3.6. Delineamento experimental

- A caracterização físico-química, análises microbiológicas e o perfil de textura instrumental seguiram um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições.
- A caracterização sensorial e a aceitabilidade foram delineadas em blocos (juízes). Para a aceitabilidade, cada consumidor correspondeu a um bloco, totalizando 100 unidades experimentais. Para a análise descritivo-quantitativa (avaliação final), foram feitas 4 repetições por bloco (juizador treinado).
- A obtenção dos dados reológicos foi feita em triplicatas, com exceção da varredura de temperatura, sendo uma única análise.
- Os resultados foram submetidos à análise de regressão linear em função do tratamento e não linear (ensaios reológicos) para obtenção dos parâmetros do modelo. Foi feita a análise de componente principal para os dados da ADQ, utilizando a matriz de covariância, da ACP para todas as análises em conjunto, utilizando a matriz de correlação (REIS et al. 2013). Os dados estão apresentados na forma de tabela e gráfica.
- Todos os procedimentos estatísticos foram executados no *software* SAS, licenciado para o uso pela UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Incorporação de CPS na massa de queijo

O efeito das variáveis temperatura e tempo, avaliado na incorporação do CPS à massa de queijo, não foi significativo ($p > 0,05$), sendo avaliados o pH e a adição de concentrado protéico na retenção de proteína no queijo (PRQ). A Figura 8 mostra que para o aumento da adição de CPS no leite, foi necessária uma redução do pH para maior retenção das proteínas na matriz do queijo. Na variação estudada, a incorporação máxima de CPS foi conseguida com a adição de 1% e pH = 5,9 (Equação 15), tendo os queijos de coalho *light* sido elaborados com adição de 1% de CPS, com o pH ajustado para 5,9 e tratamento térmico de 70°C/5 minutos.

$$PRQ = -41,634 + 14,419pH - 1,158pH^2 + 5,091CPS - 0,798pH \times CPS \quad (15)$$

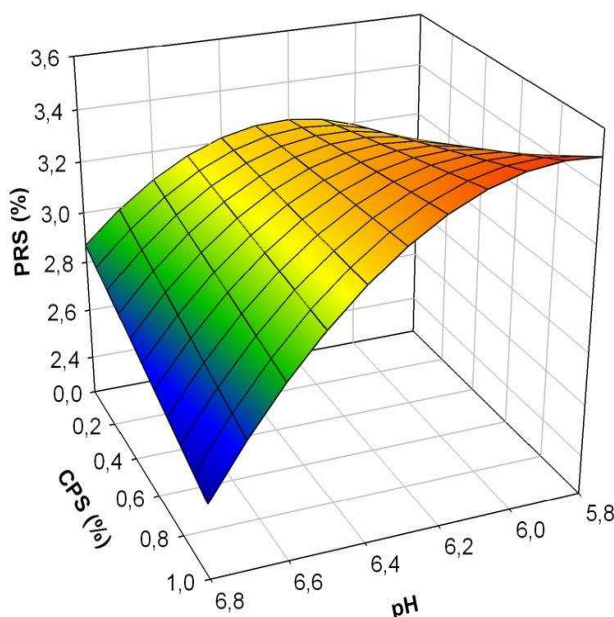


Figura 8: Influência do pH e CPS na retenção de proteínas na massa de queijo.

Independentemente do tratamento térmico dado ao leite, a redução do pH e o aumento do CPS adicionado favoreceram a PRQ (%), e sem adição de proteína, o máximo de incorporação foi em pH igual a 6,23. Horne e Banks (2004) sugerem valores de pH próximos a 6,2 como o ótimo de

retenção das proteínas solúveis na malha de queijos de leite tratado termicamente.

Vasbinder et al. (2003) avaliaram o grau de precipitação da *alfa*-lactoalbumina e da *beta*-lactoglobulina sobre a caseína, em pH variando de 6,9 a 6,35, obtendo maior precipitação da *beta*-lactoglobulina (β -lg) em comparação a alfa, além disso verificaram maior associação entre as proteínas do soro e a caseína com pH igual a 6,35. O aquecimento do leite em valores de pH de 6,3 favoreceu a formação do complexo β -lg/caseína, sendo recuperado 80% das proteínas solúveis, enquanto apenas 30% foi obtido no pH natural do leite (6,7) (KETHIREDDIPALLI et al., 2010).

Com inclusão de concentrado proteico na massa, houve interação com pH, sendo necessária uma redução deste concentrado para maior retenção das proteínas do soro. O baixo valor de pH pode ter favorecido a retenção das proteínas por formação de mais agregados das proteínas solúveis, tendo elas ficado retidas no momento da dessoragem. Com o aumento do pH e maiores níveis de adição CPS, houve uma lenta formação da coalhada com difícil expulsão de soro, sendo perdida muita proteína, tanto a caseína como as do CPS, no momento da dessoragem. É reconhecido que o tratamento térmico do leite à temperatura suficientemente elevada para desnaturar as proteínas do soro resulta em aumento do tempo para a coagulação do leite pela quimosina e uma coalhada mais frágil (SKELTE et al., 2007). Segundo Singh e Waugana (2001), entre os fatores que podem melhorar as características de formação da coalhada de leite tratado termicamente, está a redução do pH do leite antes da adição de coalho. Talvez o baixo valor de pH tenha neutralizado as cargas elétricas, favorecendo a agregação das proteínas, obtendo uma coalhada com fácil dessoragem e formação de queijo.

4.2. Composição centesimal dos queijos de coalho *light*

A Tabela 6 apresenta a composição centesimal média e seus respectivos desvios padrão dos queijos de coalho *light*. O valor calórico foi estimado conforme BRASIL (2003b).

Tabela 6 – Valores médios da composição centesimal e valor energético estimado dos queijos de coalho *light*.

		Formulações				
		F1,0	F1,3	F1,6	F1,9	F2,2
Composição m/m (%)	Água	59,92±1,71	58,97±1,25	58,38±0,53	56,22±0,33	58,56±1,02
	Proteína	23,24±1,99	22,80±1,06	22,77±0,99	22,72±1,55	21,65±1,02
	Gordura	7,91±1,02	7,83±0,97	9,82±1,94	13,80±1,32	13,81±1,76
	RFM	3,85±0,85	4,15±0,87	4,35±0,90	3,36±0,40	4,23±0,96
	Carboidratos	5,08±2,94	6,25±2,09	4,68±2,41	3,90±2,10	1,75±2,47
	GES	19,82±3,19	19,06±1,95	23,64±4,91	31,23±2,85	33,35±4,41
Valor Energético (Kcal)/100g		184,47	186,67	196,86	230,68	217,89

GES: Gordura no extrato seco; **RFM:** Resíduo Fixo Mineral; Percentual de gordura no leite para fabricação do queijo: **F1,0:** leite com 1,0% de gordura; **F1,3** leite com 1,3% de gordura; **F1,6** leite com 1,6% de gordura; **F1,9** leite com 1,9% de gordura; **F2,2** leite com 2,2% de gordura.

A legislação brasileira (BRASIL, 1996) permite a comercialização do queijo de coalho com teor de umidade variando entre 36% e 54,9%, portanto, a alta retenção de água pela incorporação de proteína ultrapassou o valor preconizado pela lei. Alterações no processo, como redução dos grãos no momento do corte, maior tempo de mexedura e aumento da temperatura, podem reduzir a umidade do produto, adequando-o à legislação. A redução no CPS também pode acarretar menor retenção de água no produto.

Para verificar se as formulações desenvolvidas pudessem ser classificadas como *Light*, cinco marcas de queijo de coalho comerciais foram analisadas para comparação com os queijos produzidos. Na Tabela 7 está a composição média das marcas (codificadas em A, B, C, D e E) e o valor energético estimado.

Na Tabela 8 estão os percentuais de redução do teor de gordura do queijo de coalho *light* em função da média obtida para as marcas comerciais. Estão apresentadas também a redução do teor de gordura no extrato seco e a redução no valor energético. Para ser comercializado como um produto *light* em gorduras, o queijo deve ser reduzido em pelo menos 25% de gordura quando comparado com o tradicional. Todas as formulações propostas tiveram o mínimo de redução, Tabela 8, atendendo a legislação vigente (BRASIL, 2012). Para ser considerado *light* em valor

energético, o critério é o mesmo, devendo haver uma redução mínima de 25% do valor energético. A formulação com maior valor energético apresentou uma redução de 32,6 % quando comparado ao queijo de coalho tradicional. Portanto, todas as formulações desenvolvidas podem ser consideradas um produto *light* em gorduras e em calorias (valor energético).

Tabela 7 – Composição centesimal de marcas comerciais de queijo de coalho

		Marcas comerciais (codificadas)					Media
		A	B	C	D	E	
Composição m/m (%)	Água	39,15±0,11	48,29±0,10	37,15±0,39	42,13±0,17	45,16±0,08	42,38
	Proteína	23,82±0,32	23,34±0,23	25,52±0,32	23,74±1,25	21,01±1,19	23,49
	Gordura	27,65±0,12	22,12±0,04	26,88±0,08	27,2±0,32	26,7±0,02	26,11
	RFM	3,75±0,95	4,83±0,20	6,06±0,09	5,33±0,13	3,51±0,14	4,70
	Carboidratos	5,63±1,01	1,42±0,32	4,39±0,52	1,60±1,31	3,62±1,20	3,33
	GES(g/100g)	45,44±0,31	42,82±0,10	42,9±0,33	46,92±0,55	48,65±0,04	45,35
Valor Energético (kcal)/100g		366,65	298,12	361,56	346,16	338,82	342,26

GES: Gordura no extrato seco; **RFM:** Resíduo Fixo Mineral;

Tabela 8 - Redução percentual dos teores de gordura, gordura no extrato seco e valor energético dos queijos de coalho *light* em relação à média obtida das cinco marcas comerciais.

Formulações	Redução Percentual		
	Gordura	GES	Valor Energético
F1,0	69,71	56,29	46,10
F1,3	70,01	57,97	45,46
F1,6	62,39	47,87	42,48
F1,9	47,15	31,13	32,60
F2,2	47,11	26,45	36,34

GES: Gordura no extrato seco; Percentual de gordura no leite para fabricação do queijo: **F1,0:** leite com 1,0% de gordura; **F1,3** leite com 1,3% de gordura; **F1,6** leite com 1,6% de gordura; **F1,9** leite com 1,9% de gordura; **F2,2** leite com 2,2% de gordura.

O efeito do teor de gordura do leite na composição físico-química dos queijos foi obtido por meio de uma análise de regressão. Houve influência significativa ($p < 0,05$) para o teor de gordura, o teor de gordura no extrato seco e para o teor de proteína. Os modelos matemáticos que representam as variações destes constituintes com o teor de gordura no leite estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9– Influência do percentual de gordura do leite nas variáveis Gordura e GES e proteína dos queijos de coalho *light*

Parâmetro (%)	Modelo ajustado	R ²
Gordura	1,157 + 5,925 x G	0,88
GES	4,499 + 13,077 x G	0,90
Proteína	24,376 - 1,087 x G	0,76

GES: Gordura no extrato seco; **G:** percentual de gordura do leite.

Foi verificado aumento linear nos percentuais de gordura nos queijos de coalho *light*, sendo tal resultado já esperado, uma vez que a variação na gordura faz parte do delineamento experimental. Com a redução do teor de gordura no leite, foi verificado aumento no teor de proteína nos queijos. Redução da gordura em queijos resulta em maior interação entre as moléculas de caseína, obtendo uma matriz mais densa, ocorrendo maior expulsão de água. No entanto, as formulações apresentaram aumento no teor de umidade quando comparadas aos queijos comerciais. Possivelmente isso foi devido ao CPS adicionado em todos os tratamentos, cuja função era justamente reter a água na matriz, impedindo a elevada interação entre as moléculas de caseína. Observou-se, portanto, um efeito positivo da adição CPS nas formulações de queijo de coalho *light*.

Não foi possível o ajuste do modelo linear ou quadrático ($p > 0,05$) aos dados de acidez (expresso em ácido láctico), pH e cloretos dos queijos de coalho. A Tabela 10 apresenta os valores médios obtidos para tais variáveis bem como seus respectivos desvios padrão.

Tabela 10 – Média e desvio padrão da acidez titulável, pH e cloretos dos queijos de coalho *light*

	Formulações				
	F1,0	F1,3	F1,6	F1,9	F2,2
Acidez (%)	0,13±0,01	0,10±0,01	0,13±0,01	0,12±0,02	0,11±0,01
pH	6,52±0,28	6,63±0,08	6,54±0,03	6,63±0,11	6,57±0,33
Cloretos(%)	1,47±1,05	1,84±0,85	2,04±0,76	1,10±0,26	2,15±1,12

Perez (2003) analisou queijos de coalho comercializados na cidade de Campinas-SP e obteve valores de acidez variando de 0,18% a 0,50% (expresso em ácido láctico), o pH variou de 5,81 a 6,64 e o percentual de cloretos ficou entre 2,38 e 2,90. Mamede et al. (2010) analisaram três

marcas de queijo de coalho comercializadas na cidade de Salvador/Ba. Verificaram um alto valor para acidez titulável (0,53% a 0,91%) e valores de pH entre 5,88 e 6,27. O teor de cloretos variou entre 0,83% e 1,5%. As diferenças nas características físico-químicas dos queijos de coalho podem ser atribuídas à matéria-prima, ao processamento e à forma de armazenamento. Estes parâmetros (acidez, pH, cloretos) não são estabelecidos pela legislação e os estabelecidos, umidade e gordura, apresentam uma grande faixa em que é possível a obtenção de queijos de coalho com diferentes características.

4.3. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária dos queijos de coalho light

Foi avaliada a qualidade higiênico-sanitária dos queijos de coalho *light*, sendo pesquisados os índices de coliformes totais (a 45°C) e Fecais (a 30°C). Os resultados foram satisfatórios, Tabela 11, pois atenderam os padrões exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 1996).

Tabela 11 – Valores médios do número mais provável de Coliformes a 30°C e a 45°C para os queijos de coalho *light*, expressos em NMP/g.

Tratamentos	Coliformes a 30°C	Coliformes a 45°C
F1,0	1,1 x 10 ³	1,5 x 10 ²
F1,3	8,7 x 10 ³	2,1 x 10 ²
F1,6	8,7 x 10 ³	1,8 x 10 ²
F1,9	4,6 x 10 ²	1,5 x 10 ²
F2,2	7,8 x 10 ²	1,5 x 10 ²
Valor Máximo Permitido	1,0 x 10⁴	5,0 x 10³

Percentual de gordura no leite para fabricação do queijo: **F1,0**: leite com 1,0% de gordura; **F1,3** leite com 1,3% de gordura; **F1,6** leite com 1,6% de gordura; **F1,9** leite com 1,9% de gordura; **F2,2** leite com 2,2% de gordura.

4.4. Caracterização da textura dos queijos de coalho light

A caracterização reológica foi feita por meio de ensaios oscilatórios e transientes.

4.4.1. Ensaio oscilatórios

4.4.1.1. Varredura de tensão

A varredura de tensão foi realizada para determinar a faixa de viscoelasticidade linear dos queijos. As amostras apresentaram uma região com comportamento linear comum, sendo utilizada para os ensaios reológicos a tensão de 100 Pa em todos os queijos.

4.4.1.2. Varredura de frequência

A remoção da gordura na produção de queijos influencia suas características reológicas. As propriedades viscoelásticas dos queijos de coalho foram medidas dentro do intervalo viscoelástico linear. Os módulos de armazenamento (G') e perda (G''), obtidos nos testes oscilatórios, estão relacionados com os tipos de interações formadas no alimento, interações estáveis (G') e instáveis (G''). Os resultados dos testes de varredura de frequência mostraram aumento nos módulos elástico G' e de perda G'' com a redução do teor de gordura (Figuras 9 a, b). G' foi maior do que G'' para todas os tratamentos, indicando maior contribuição do componente elástico à viscoelasticidade (SUBRAMANIAN e GUNASEKARAN, 1997). Este comportamento é típico de um sólido viscoelástico (STEFFE, 1996). A redução no teor de gordura e o aumento do teor de proteína, provavelmente, contribuíram para o aumento no módulos G' e G'' . Isto significa que os queijos com menor teor de gordura tiveram estruturas mais estáveis (parte elástica) e que, para promover o escoamento (parte viscosa), houve maior gasto de energia.

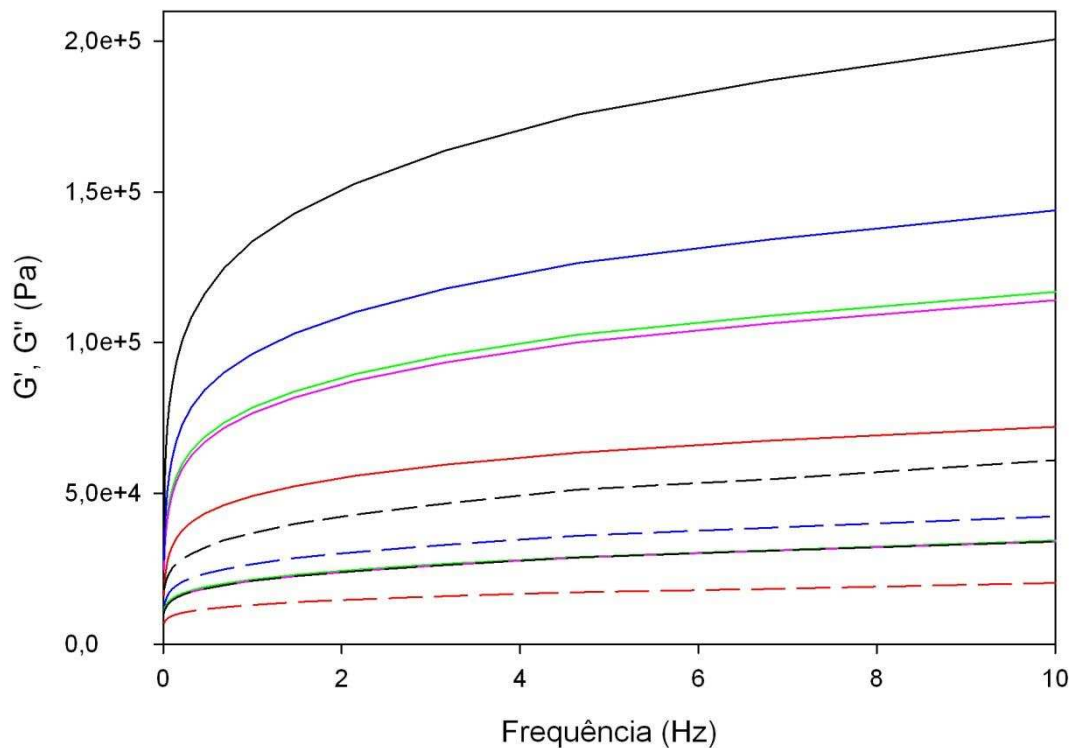


Figura 9 – Módulos de Armazenamento-G'(linha contínua) e perda-G''(linha pontilhada) dos queijos de coalho *light*.— F1,0, — F1,3, — F1,6, — F1,9, — F2,2

A relação entre G'' e G' ($\tan\delta$ ou tangente de perda) indica a proporção entre cada componente (G' e G'') nos queijos: $\tan\delta > 1$, o material se comporta mais como líquido do que sólido e para $\tan\delta < 1$ há maior contribuição do componente elástico do que do componente viscoso. Houve pouca variação na tangente (de 0,29 a 0,27) com tendência de redução com o aumento da gordura (Figuras 10 e 11). Isto implica que a variação no teor de gordura dos queijos praticamente não afetou as proporções entre a parte viscosa (G'') e elástica (G') do queijo de coalho, mantendo praticamente constante a tangente.

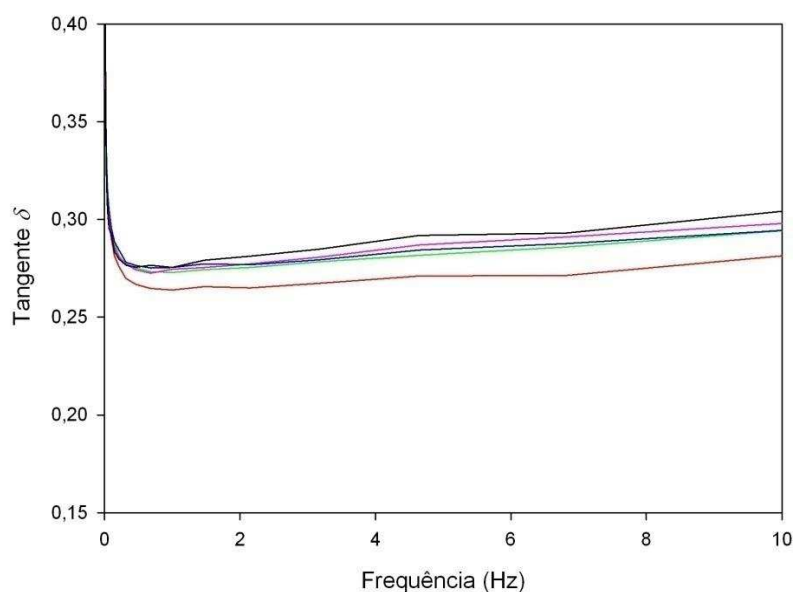


Figura 10 - Gráfico das tangentes δ (G''/G') obtidas nos ensaios oscilatórios dos queijos de coalho *light* — F1,0, — F1,3, — F1,6, — F1,9, — F2,2

A análise de regressão do componente elástico e da tangente foi feita a uma frequência intermediária (4,6 Hz), obtendo um ajuste linear, com os parâmetros significativos ($p < 0,05$) (Tabela 12).

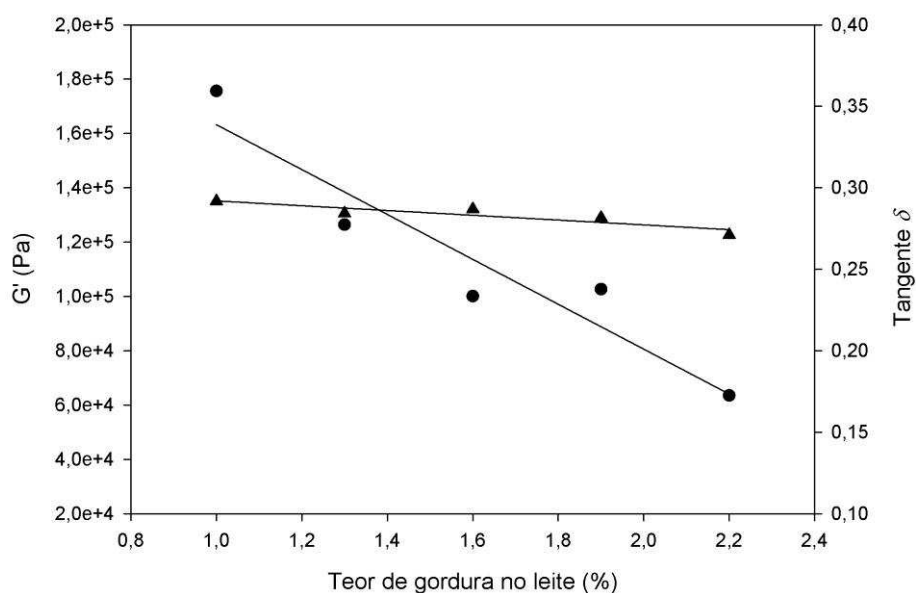


Figura 11 - Ajuste linear aos dados do componente elástico (G') e da tangente de perda a uma frequência de 4,68 Hz. (●) G' ; (▲) Tangente δ .

Tabela 12 – Ajuste do modelo linear às variáveis significativas.

Variáveis	Modelo ajustado	R ²
Módulo de Armazenamento	245912,111 - 82664,444 x G	0,901
Tangente de Perda	0,307 - 0,015 x G	0,818

G: Teor de gordura no leite

4.4.1.3. Varredura de Temperatura

O comportamento estrutural dos queijos foi analisado em função da temperatura. Para nenhum dos tratamentos, houve inversão dos módulos, o que significa que não houve derretimento dos queijos, além disto, foi verificada redução do G' até temperaturas próximas a 50°C, com aumento do G' em temperaturas superiores (Figura 12).

Este fato pode ser explicado, pois, do ponto de vista físico, o queijo começa a derreter quando o material passa a se comportar mais como líquido do que como sólido. A gordura do leite é composta por diferentes triglicerídeos com pontos de fusão diferentes, sendo que a 40°C toda a gordura está completamente fundida (LUCEY; et al. 2003). Portanto, a grande redução no G' se deve principalmente à liquefação dos lipídeos. As proteínas do queijo não derretem; no entanto, as interações que mantêm a estrutura da matriz são afetadas pela elevação da temperatura com destruição de algumas interações fortes e reorganização de interações mais fracas, o que possibilita o fluxo do material. Entre os vários fatores que afetam a capacidade de derretimento, as interações existentes na matriz proteica e conteúdo de cálcio que fazem parte destas interações são os principais responsáveis pela capacidade de derretimento dos queijos. Como era esperado, o alto valor de pH (6,58) dos queijos, evitou a solubilização do fosfato de cálcio coloidal, ou seja, a desmineralização da coalhada, impedindo seu derretimento. Como a principal forma de consumo do queijo de coalho é a grelhada, baixa capacidade de derretimento é uma característica esperada pelo consumidor e pode ser determinante na escolha da marca. No entanto, foi observado enrijecimento (aumento de G') com o aumento da temperatura (a partir de 60°C). Segundo Lucey et al. (2003), na produção de queijos com o propósito de induzir a coprecipitação das proteínas solúveis a caseína, quando submetidos a elevadas

temperatura, ocorre formação de interações covalentes entre a *Kappa*-caseína e *Beta*-lactoglobulina pela presença dos grupos dissulfeto. Com o aquecimento dos queijos, ocorre aumento nas forças atrativas hidrofóbicas, além disso, as proteínas solúveis presentes na matriz protéica são induzidas à formação de géis, com aumento do caráter elástico dos queijos.

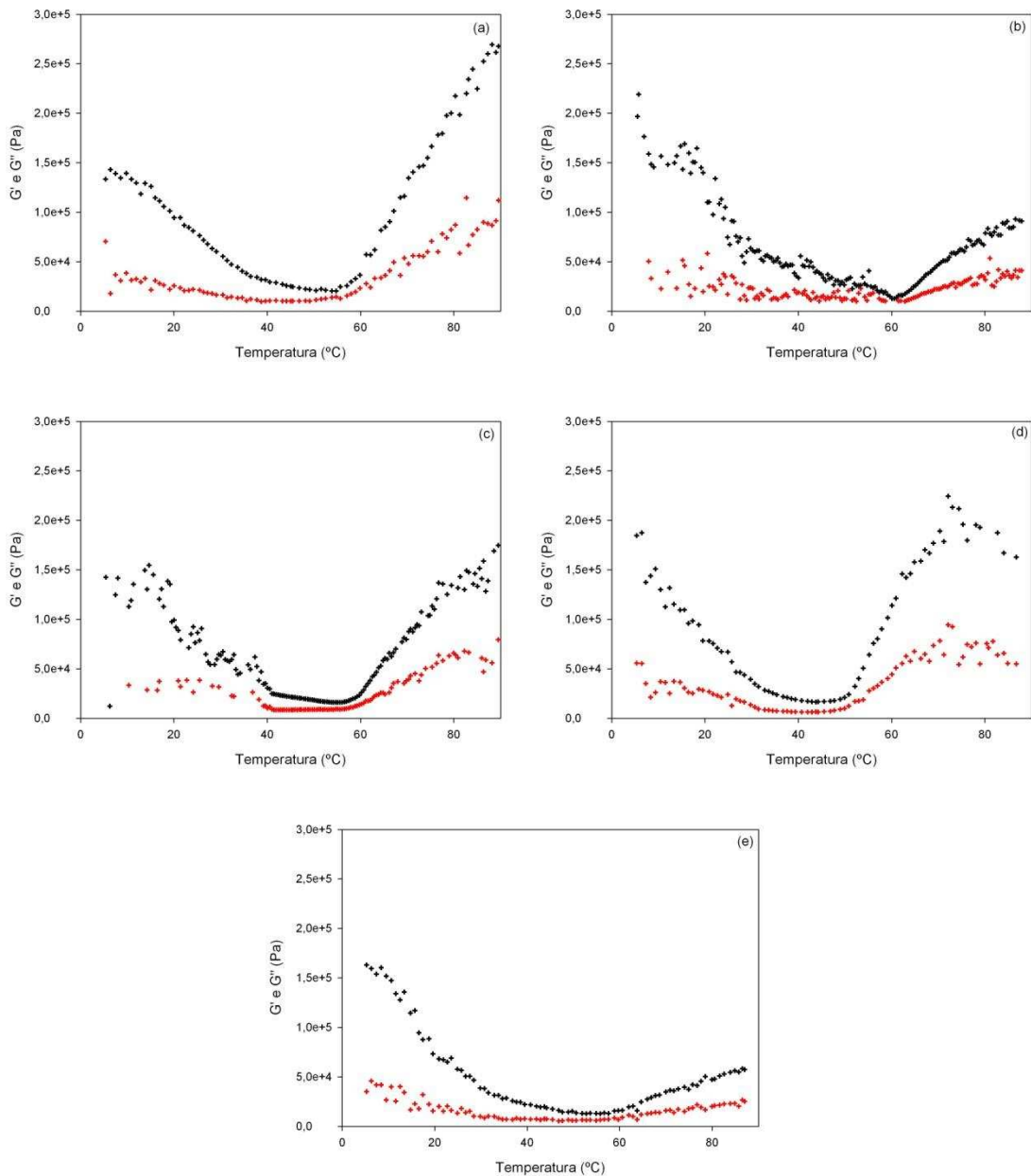


Figura 12: Avaliação do comportamento reológico dos queijos com o aumento da temperatura (\blackplus) G' e (\blackstar) G'' . (a) F1,0, (b) F1,3, (c) F1,6, (d) F1,9, (e) F2,2.

Rynne et al. (2004) verificaram que o aumento na temperatura de pasteurização e consequente aumento de proteínas do soro na matriz do queijo levaram a um aumento na umidade, porém afetaram negativamente o

derretimento dos queijos Cheddar. Eles concluíram que, provavelmente, em decorrência da presença destas proteínas, o aquecimento provocou maior número de interações e maior continuidade da matriz, reduzindo sua capacidade de fluir.

4.4.2. Ensaio de relaxamento da tensão

As curvas características de relaxamento de tensão estão representadas na Figura 13. O modelo generalizado de Maxwell com 2 elementos foi ajustado aos dados obtidos nos ensaios por meio de regressão não linear, e o modelo e os parâmetros foram significativos ($p < 0,05$) e $R^2 > 0,99$ (Tabela 13).

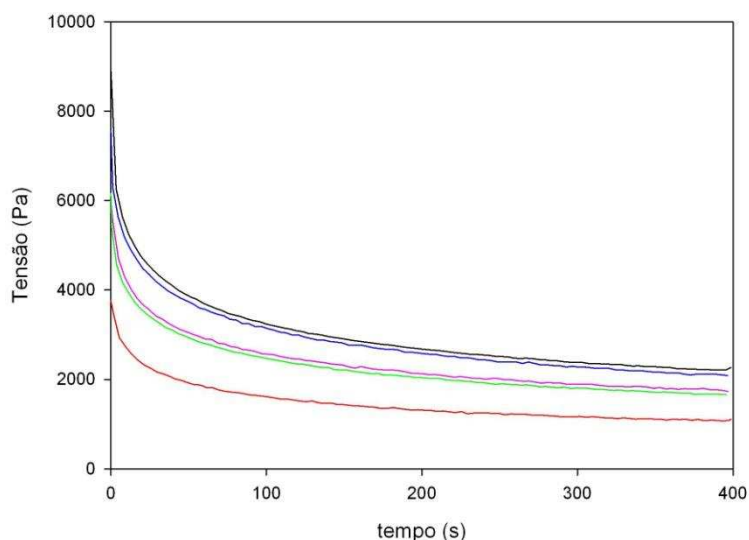


Figura 13 – Curvas de relaxamento de tensão dos queijos de coalho *light* avaliados. — F1,0, — F1,3, — F1,6, — F1,9, — F2,2

Tabela 13 – Parâmetros obtidos na curva de relaxamento da tensão

Tratamento	σ_0 (Pa)	$(\sigma_0 - \sigma_e)_1$ (Pa)	λ_{rel1} (s)	$(\sigma_0 - \sigma_e)_2$ (Pa)	λ_{rel2} (s)	R^2
F1,0	6055,29	3815,47	3,86	2874,30	98,04	0,996
F1,3	4575,86	2503,05	6,04	2642,24	114,94	0,994
F1,6	3881,03	2167,70	8,20	2022,37	121,95	0,998
F1,9	3791,69	2127,57	5,09	2103,49	108,69	0,994
F2,2	2377,06	1322,98	8,94	1333,37	119,05	0,998

A tensão inicial necessária para ocasionar certa deformação se reduziu com o aumento do teor de gordura nos queijos, indicando maior facilidade em deformá-los. Esta facilidade pode ser devida à maior mobilidade da matriz, uma vez que a gordura promove um impedimento físico na contração da matriz, tornando-as mais hidratada e menos densa. Por estar preenchendo as lacunas na matriz sem interações com a mesma, a gordura se movimenta facilmente quando o queijo é submetido à uma tensão permitindo a deformação do material. Isto permite dizer que o aumento da gordura contribui com a maciez do produto. Na Figura 14 (a) está apresentado o modelo linear para a queda da tensão inicial com o aumento do teor de gordura nos queijos.

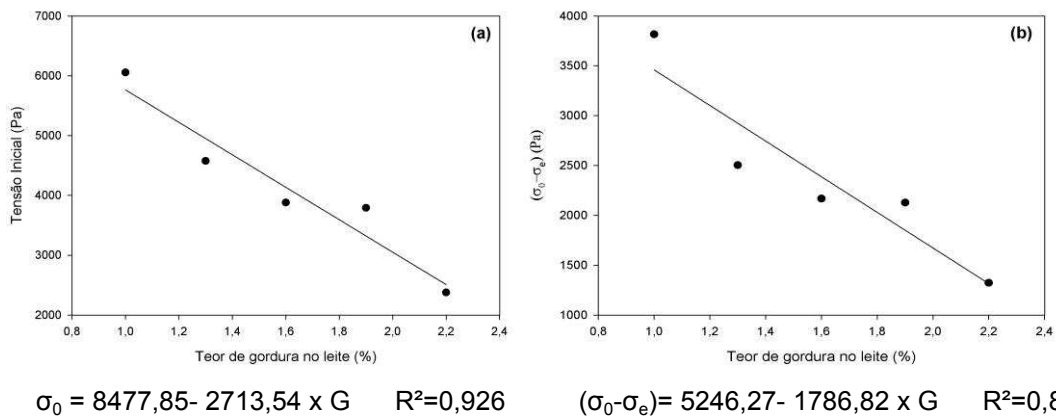


Figura 14: Ajuste linear da tensão inicial (a) e ajuste linear da queda da tensão (b), ambos em função do teor de gordura no leite. G: teor de gordura no leite

Após o material atingir a deformação inicial, observa-se queda da tensão com o tempo. Rupturas das interações químicas de elevado conteúdo energético, seguidas pela concomitante formação novas interações com menor conteúdo energético, promovem desencadeamento do escoamento e queda da tensão.

A redução na gordura acarretou maior queda na tensão ao longo do tempo. O relaxamento do material é causado pela componente viscosa, como foi mostrado, tendo F1,0 apresentado maior G'' . A energia necessária para deformar F1,0 foi maior que a energia necessária para deformar F2,2, portanto, F1,0 tem maior energia para desestruturar o queijo, o que ocasionou maior relaxamento na tensão. A Figura 14 (b) apresenta um

ajuste linear aos dados, que representam a queda da tensão (em um primeiro momento) dos queijos de coalho *light*.

Os tempos de relaxamento do material não tiveram um comportamento linear, mas foi verificada grande diferença entre os tratamentos extremos, tendo F2,2 maior λ_{rel1} que o F1,0.

Segundo Steffe (1996), à medida que se aumenta o número de elementos ao modelo, melhor o ajuste da curva aos dados, porém mais complexas são as explicações para o fenômeno, portanto, o ajuste de dados experimentais ao modelo proposto por Peleg (1979) é uma maneira rápida e eficaz para lidar com dados de relaxamento de tensão para muitos alimentos.

O modelo de Peleg (1979) apresentou boa correlação com as curvas experimentais obtidas para os queijos de coalho *light*, demonstrado por altos valores dos coeficientes de determinações ($R^2 > 0,99$). O ajuste foi feito por regressão linear, tendo sido utilizado o teste t de STUDENT para verificar a significância dos parâmetros ($p < 0,05$) do modelo (k_1 e k_2).

A Tabela 14 apresenta os dados linearizados para um ensaio de relaxamento da tensão dos queijos de coalho, conforme proposto por Peleg (1979).

Tabela 14 - Parâmetros do modelo proposto por Peleg (1979) para os dados de relaxamento de tensão

	F1,0	F1,3	F1,6	F1,9	F2,2
k_1	24,58	33,02	35,07	29,84	36,74
k_2 (s)	1,28	1,32	1,35	1,32	1,33

A redução no valor de K_1 indica maior taxa de decaimento da tensão, ou seja, o processo de relaxamento de tensão foi claramente mais pronunciado no queijo F1,0 do que no F2,2, presumidamente pela maior energia promovida ao material, permitindo maior desestruturação do F1,0.

O recíproco de k_2 indica o nível assintótico para o qual a tensão normalizada decai quando o tempo da fase de relaxamento tende ao infinito. Elementos puramente elásticos apresentam 0% de relaxamento, $1/k_2 = 0$, e líquido puramente viscoso (100% de relaxamento) apresenta $1/k_2 = 1$. A formulação F1,0 teve o menor valor para k_2 , indicando maior componente

viscoso quando comparada ao F2,2. Estes resultados estão em consonância com os resultados obtidos no ensaio oscilatório.

4.4.3. Teste de fluência e recuperação

O modelo de Burgers foi ajustado aos dados obtidos nos testes de fluência (equação 12) por análise de regressão não linear (Figura 15). Todas as equações da regressão não linear foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$). As variáveis e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) obtidos pela regressão estão apresentados na Tabela 15.

Uma característica dos alimentos viscoelásticos é que, ao serem submetidos a uma deformação, eles continuam se deformando, mesmo sob tensão constante. O teste de fluência permite medir a deformação da amostra ao longo do tempo a uma tensão constante.

O ponto máximo do gráfico indica a deformação máxima atingida pela amostra. A formulação F2,2 foi a que apresentou maior deformação, distinguindo-se das outras.

Os parâmetros do modelo de Burgers foram submetidos à análise de regressão e não houve ajuste significativo ($p < 0,05$) do modelo linear.

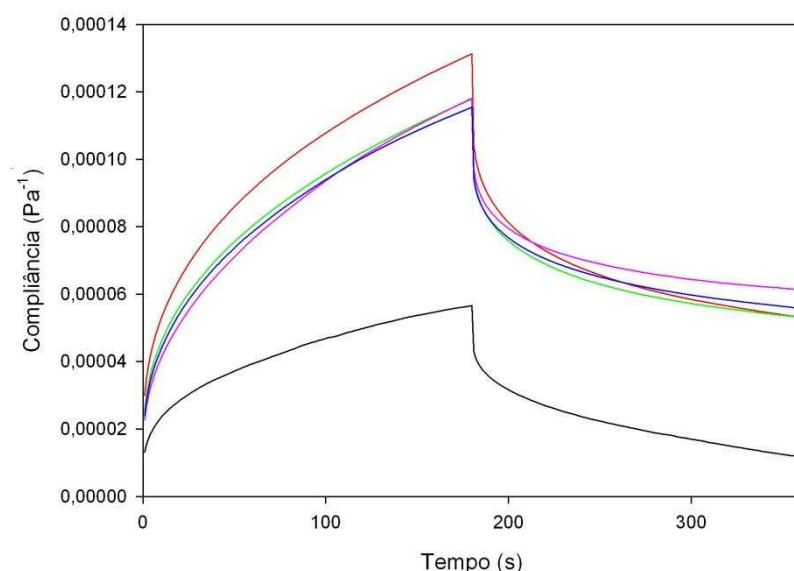


Figura 15- Curva de fluência e recuperação dos queijos de coalho *light*— F1,0, — F1,3, — F1,6, — F1,9, — F2,2

Tabela 15 – Parâmetros obtidos a partir do ajuste do modelo de Burgers.

Tratamento	$J_0(\text{Pa}^{-1})$	$J_1(\text{Pa}^{-1})$	$\lambda_{ret}(\text{s})$	$\mu(\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1})$	R^2
F1,0	1,55E-05	1,82E-05	25,84	7,55E+06	0,998
F1,3	2,81E-05	3,96E-05	28,74	3,67E+06	0,999
F1,6	2,68E-05	3,82E-05	33,00	3,32E+06	0,999
F1,9	2,96E-05	3,84E-05	26,74	3,54E+06	0,999
F2,2	3,44E-05	4,41E-05	26,67	3,33E+06	0,999

A compliância instantânea elástica (J_0) pode ser relacionada à estrutura da rede proteica não deformada. Por meio do valor da compliância instantânea, pode-se inferir sobre a dureza do material. Houve aumento da J_0 de F1,0 para F2,2, indicando que F2,2 deformou mais que F1,0, podendo ser considerada mais macia que F1,0.

A compliância retardada é útil para mostrar a coesividade do material. O queijo de coalho F1,0 teve o menor valor para este parâmetro, sugerindo assim que as forças entre as ligações internas da matriz dos queijos são maiores. Houve pequena variação no tempo de retardo dos queijos. Quanto menor o λ_{ret} , mais rápida a transição entre os regimes elástico e viscoso durante a aplicação de uma tensão. Não houve influência do teor de gordura neste parâmetro e sim, possivelmente, da composição como um todo.

O queijo F1,0 também apresentou alto índice de viscosidade, o que indica maior resistência ao escoamento, como já relatado no teste oscilatório e no teste de relaxamento de tensão.

Os dados foram avaliados em função do percentual de deformação para as três etapas de deformação do modelo de Burgers (Tabela 16). A deformação máxima foi obtida no tempo de 180 segundos e as deformações, elástica, viscoelástica e viscosa, obtidas por meio da equação 12, para o tempo de 180 segundos e tensão de 100 Pa.

Tabela 16 – Percentual das três etapas que compõem a deformação total

Tratamento	Deformação	Deformação	Deformação
	Elástica (%)	Viscoelástica (%)	Viscosa (%)
F1,0	27,33	28,14	0,42
F1,3	24,32	29,55	0,42
F1,6	22,70	27,30	0,46
F1,9	25,09	28,39	0,43
F2,2	26,19	29,24	0,41

Segundo Martín-González et al. (2007), um aumento na compliância retardada está associada a um comportamento menos elástico e mais viscoelástico no queijo. Porém, mesmo com variações retardadas na compliância, foram verificadas contribuições similares entre a deformação elástica e a deformação viscoelástica e uma baixa deformação viscosa ou permanente. A redução da gordura não influenciou diretamente os percentuais de tais deformações.

4.4.4. Análise de Perfil de Textura (Texture Profile Analysis – TPA)

O perfil de textura instrumental foi feito com duas compressões: a 30%, em que não houve destruição ou fratura da amostra, e a 75% de compressão, em que ocorreu a fratura da amostra. Ambos os testes seguiram as condições indicadas no item 3.4.1, com dois ciclos de compressão, obtendo os parâmetros para as variáveis: Dureza, Adesividade, Elasticidade, Coesividade, Mastigabilidade e Resiliência.

As Figuras 16a e 16b apresentam as curvas obtidas para os dados e a Tabela 17, os modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de exatidão (R^2).

As variáveis estudadas na TPA tiveram comportamento linear. Quando se reduziu o teor de gordura na produção dos queijos, verificou-se aumento na dureza, adesividade (parâmetro negativo), coesividade, mastigabilidade e resiliência. Apenas a variável elasticidade não foi significativa ($p > 0,10$) em nenhuma das compressões estudadas. Das seis variáveis obtidas na TPA, cinco tiveram ajustes significativos ($p < 0,10$) para a

análise realizada com 75% de compressão da amostra, e apenas duas variáveis foram significativas ($p < 0,10$) com compressões de 30% da amostra (Tabela 17). Portanto, a condução dos testes com compressões de 75% foi mais adequada para verificar a influência do teor de gordura dos queijos nas variáveis da TPA.

O efeito relativo (ER) da variação do teor de gordura sob as variáveis da TPA está apresentado na Tabela 17. Verificou-se que, das variáveis obtidas no ensaio da TPA, a adesividade foi a que mais sofreu influência da variação da gordura nos queijos, ou seja, da formulação desenvolvida com 1,0% de gordura para a F2,2, houve uma variação de 3300% na adesividade do produto. A adesividade (em módulo) foi reduzida com redução do teor de gordura nos queijos. Dimitreli e Thomareis (2007), em estudo de textura em queijos processados, atribuíram o aumento da adesividade (em módulo) ao aumento do teor de gordura e umidade, reduzindo, conseqüentemente, o teor de proteína e a continuidade da matriz proteica. Embora de pouca relevância no queijo de coalho, por ser um produto pouco adesivo, neste estudo verificou-se também grande influência da variação da gordura na adesividade.

O valor numérico para mastigabilidade (compressão 75%) se reduziu em 48,16% na formulação com 2,2% de gordura em relação à formulação obtida com 1,0% de gordura.

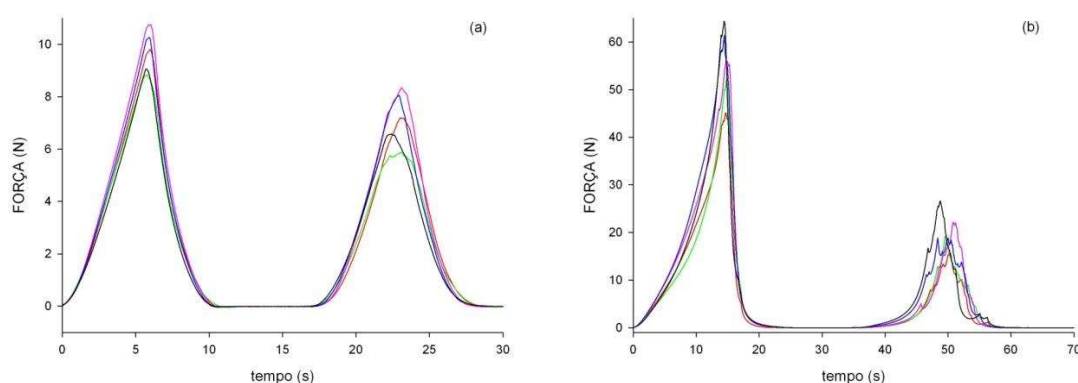


Figura 16 -Curvas obtidas no texturômetro com 30% de compressão (a) e com 75%compressão (b).— F1,0, — F1,3, — F1,6, — F1,9, — F2,2

Tabela 17 – Ajuste do modelo linear às variáveis significativas ($p < 0,10$) e Efeito relativo do teor de gordura nas variáveis da TPA.

Variáveis	Modelo Ajustado	% ER*	p-valor	R ²
Dureza (75%)	108,451 - 21,187 x G	29,13	0,019	0,976
Adesividade (75%)	$0,3 \times 10^{-4} - 0,6 \times 10^{-4} \times G$	3300	<0,000	0,792
Coesividade (30%)	0,842 - 0,029 x G	4,28	0,018	0,599
Coesividade (75%)	0,441 - 0,069 x G	22,26	0,057	0,607
Mastigabilidade (75%)	39,089 - 11,195 x G	48,16	0,007	0,938
Resiliência (30%)	0,492 - 0,023 x G	5,88	0,071	0,695
Resiliência (75%)	0,188 - 0,040 x G	32,43	0,006	0,761

G: Percentual de gordura no leite. **ER** Efeito Relativo da variação da gordura nas variáveis da TPA

A textura dos queijos está relacionada com a composição e processos de maturação. Como os queijos de coalho elaborados não foram maturados, a influência sofrida foi devida à sua composição. A redução da gordura acarretou maior interação entre as proteínas, promovendo uma matriz mais densa e, conseqüentemente, aumento na coesividade, na mastigabilidade, resiliência e na dureza. Buzato (2011) estudou a influência da relação Caseína/Gordura (CN/G) na textura de queijos de coalho e verificou aumento ($p < 0,05$) da dureza e da mastigabilidade com aumento da relação CN/G. Os parâmetros elasticidade e coesividade não foram significativos ($p > 0,05$).

Valle et al. (2004) obtiveram uma tendência similar quando fizeram a TPA com queijo muçarela, variando o teor de gordura no leite (3,5% a 2,5%). A muçarela produzida com menor teor de gordura obteve os maiores índices de dureza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade e menor adesividade (em módulo).

4.5. Análise Sensorial

4.5.1. Perfil Convencional

Dos cinquenta questionários distribuídos aos voluntários, foram recrutadas trinta e seis pessoas. Destas, vinte e cinco foram preseleccionadas no teste triangular e participaram do levantamento dos atributos das formulações de queijo de coalho *light*. Vários atributos e diferentes denominações foram sugeridos pelos julgadores. Após discussão e consenso entre os julgadores, fizeram parte do estudo os seguintes

atributos sensoriais: cor branca amarelada, liberação de soro, aroma de queijo, gosto salgado, sabor de queijo, borrachento, maciez e esfarelento, cujas definição e referências estão apresentadas na Tabela 5.

Dos vinte e cinco julgadores que participaram da etapa de seleção, dez foram capazes de discriminar as amostras avaliadas (Probabilidade de $F_{(amostra)} \leq 0,50$) e apresentaram repetibilidade dos resultados (Probabilidade de $F_{(repetição)} \geq 0,05$) para todos os atributos em questão. Estes julgadores foram, então, selecionados e participaram da avaliação final das formulações de queijos, usando a ficha apresentada na Figura 6.

Pela a ANOVA, Tabela 18, observou-se que a interação amostra*julgador foi significativa ($p \leq 0,05$) para os atributos aroma de queijo, gosto salgado, sabor de queijo, maciez e esfarelento. O teste para efeito de tratamento para tais atributos foi feito conforme proposto por Stone e Sidel (1993), utilizando o quadrado médio da interação. As formulações não diferiram significativamente ($p \geq 0,05$) em relação aos atributos liberação de soro e aroma de queijos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, mas o ajuste do modelo, quadrático ou linear, não foi significativo ($p \geq 0,05$) para os atributos estudados.

Na análise de componentes principais, os dois primeiros componentes explicaram 86,6 % da variação dos dados. Na Figura 17 estão os vetores representando a correlação dos atributos sensoriais obtidos no Perfil Convencional, com os dois primeiros componentes principais, e em vermelho estão os tratamentos dispersos sobre o gráfico.

Tabela 18 – Resumo da ANOVA dos atributos sensoriais dos queijos de coalho *light*

Atributo	FV	GL	QM	F	Probabilidade	F	Probabilidade
Cor branca amarelada	Tratamento	4	7,18	4,44*	0,002		
	Julgador	9	54,12				
	Julg*Trat	36	1,40	0,87 ^{ns}	0,687		
Liberação de soro	Tratamento	4	2	1,02 ^{ns}	0,4004		
	Julgador	9	89				
	Julg*Trat	36	2	1,16 ^{ns}	0,2667		
Aroma de queijo	Tratamento	4	8	3,40*	0,0108	1,13 ^{ns}	0,3563
	Julgador	9	26				
	Julg*Trat	36	7	3,00*	<0,0001		
Salgado	Tratamento	4	72	48,38*	<0,0001	13,08*	<0,0001
	Julgador	9	27				
	Julg*Trat	36	5	3,70*	<0,0001		
Sabor de queijo	Tratamento	4	25	14,64*	<0,0001	4,33*	0,0058
	Julgador	9	26		<0,0001		
	Julg*Trat	36	6	3,38*	<0,0001		
Borrachento	Tratamento	4	11	3,82*	0,0055		
	Julgador	9	61		<0,0001		
	Julg*Trat	36	4	1,34 ^{ns}	0,1159		
Maciez	Tratamento	4	47	17,97*	<0,0001	11,8*	<0,0001
	Julgador	9	30		<0,0001		
	Julg*Trat	36	4	1,52*	0,0429		
Esfarelento	Tratamento	4	9	4,47*	0,0019	2,76*	0,0425
	Julgador	9	64		<0,0001		
	Julg*Trat	36	3	1,62*	0,0242		

* Teste F significativo à 5% de probabilidade, ns Teste F não significativo ($p \geq 0,05$)

Os atributos Salgado, Sabor de Queijo e Maciez foram os responsáveis pela maior variabilidade entre os queijos, pois apresentaram altas correlações (r) com o primeiro CP. O atributo borrachento também pode contribuir para a diferenciação das amostras, uma vez que ele apresentou $r = 0,75$ com o segundo CP. Na Tabela 19, estão apresentados

os coeficientes da correlação de *Pearson*(*r*) entre os atributos sensoriais e os dois primeiros componentes principais e seus respectivos *p*-valores.

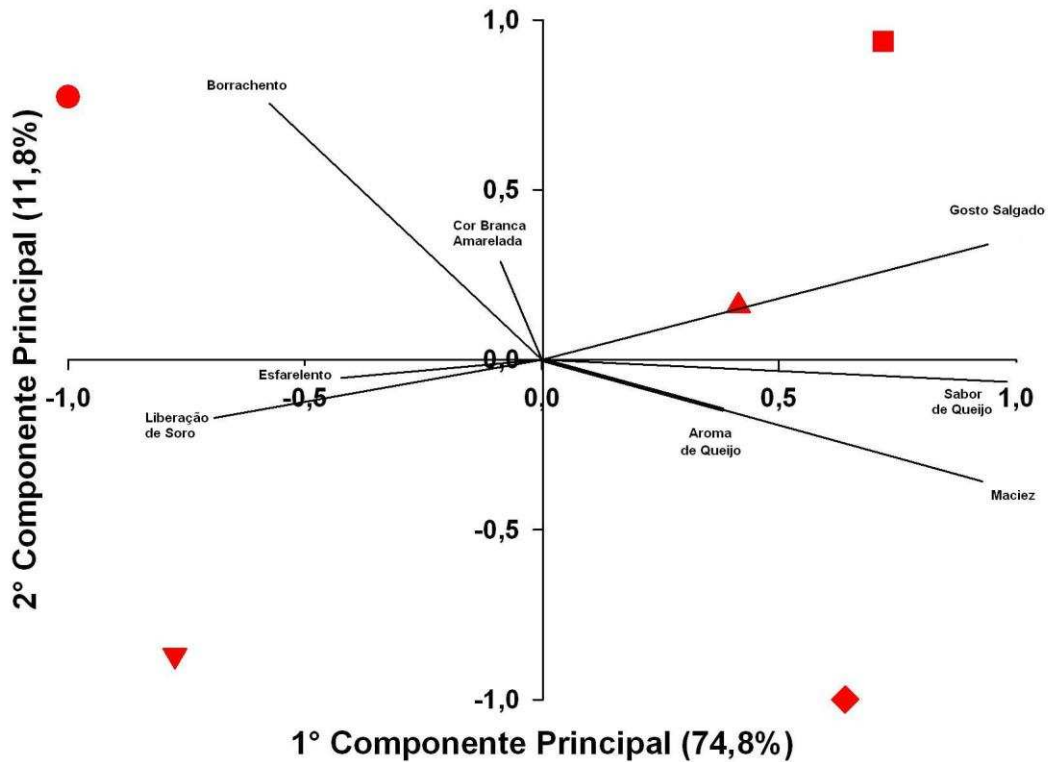


Figura 17 - Representação gráfica da análise de componentes principais. ▼ F1,0, ● F1,3, ▲ F1,6, ■ F1,9, ◆ F2,2.

As formulações F2,2, F1,9 e F1,6 apresentaram maiores intensidades nos atributos correlacionados positivamente com o 1º CP. Entre eles, está o atributo de textura “Maciez”. A gordura está diretamente relacionada com as características de textura. A remoção da gordura permite mais interações proteicas, menor retenção de água, o que resulta em uma textura semelhante à da borracha, sendo os queijos mais rígidos. A gordura também é responsável por grande parte do sabor em alimentos. Nos queijos, a maior contribuição de sabor, principalmente os mais pronunciados, é função do processo de maturação (proteólise e lipólise). Os queijos frescos, como o queijo de coalho, apresentam sabor mais suave, no entanto, pode-se perceber que a remoção da gordura influenciou na intensidade do sabor de queijo percebido pelos julgadores.

Os julgadores treinados identificaram as formulações com maior teor de gordura como as mais salgadas. Durante o consumo de alimentos, o sal é liberado do produto e diluído na saliva para atingir os receptores gustativos localizados na língua e, assim, induzir a percepção do gosto salgado. A compressão e a modelagem de liberação de compostos durante a mastigação de alimentos "sólidos" constituem uma tarefa desafiadora pela complexidade dos fenômenos que ocorrem na boca, como a diluição pela saliva, a mastigação, a modificação da temperatura etc.

Phan et al. (2008) verificaram que, para o queijo processado, a liberação de sódio durante a mastigação foi influenciada pela estrutura da matriz e sua composição, tendo o produto com maior teor de água resultado em maior concentração de sódio na saliva. Embora tenham concluído que a percepção da salinidade foi limitada pela presença de gordura, os autores evidenciaram uma interação significativa ($P = 0,039$) entre as relações de água/proteína e lipídio/proteína, indicando que, para os queijos com alto teor de água, a liberação de sódio foi favorecida pelo aumento no teor de gordura.

Loubens et al. (2011) estudaram o efeito da gordura e umidade na percepção do sal em géis lácteos. Verificaram forte efeito do teor de gordura e efeito mais fraco de teor de matéria seca na percepção do gosto salgado nos géis avaliados. A intensidade máxima percebida do sal aumentou significativamente ($p < 0,0001$) pela adição de gordura para os produtos com baixo teor de matéria seca, sendo verificado também que a redução na gordura acarretou uma percepção mais rápida da salinidade, porém em menor intensidade.

Panouillé et al. (2011), avaliando modelos de queijos, verificaram que a adição de gordura aumentou significativamente a percepção do gosto salgado ($p = 0,02$), enquanto a adição de proteína diminuiu ($p = 0,004$). A percepção do gosto salgado também foi correlacionada negativamente com G'' , G' e com a viscosidade complexa. Este resultado está consonante com os resultados do perfil sensorial obtidos pelos autores, em que a percepção do gosto salgado foi correlacionado negativamente com o atributo sensorial

relativo à firmeza (dureza) das amostras. Resultados similares foram obtidos, tendo o gosto salgado sido mais pronunciado nas amostras cujos módulos G' e G'' foram menores.

Tabela 19 – Coeficiente de correlação de *Pearson*(r) e valores de probabilidade (p-valor) para os atributos sensoriais e os dois componentes principais (CP)

Atributos Sensoriais	Componentes Principais			
	1°CP		2°CP	
	r	p-valor	r	p-valor
Cor Branca amarelada	-0,08741	0,8888	0,28821	0,6382
Liberação de soro	-0,69088	0,1965	-0,17111	0,7832
Aroma de queijo	0,38023	0,5278	-0,14608	0,8147
Salgado	0,94028	0,0174	0,33904	0,5767
Sabor de queijo	0,98079	0,0032	-0,06484	0,9175
Borrachento	-0,57474	0,3108	0,75346	0,1414
Maciez	0,92882	0,0226	-0,35786	0,5543
Esfarelento	-0,4233	0,4776	-0,05376	0,9316

Os dados obtidos no Perfil Convencional foram correlacionados com os dados do Perfil de Textura Instrumental (TPA) nas compressões estudadas de 30% e de 75% (Tabela 20).

Foram verificadas correlações maiores que 0,7 para as duas compressões nos diferentes atributos estudados. Para os atributos de textura, para os quais se justifica o uso da TPA, e correlações entre atributos sensoriais e TPA, verificou-se que a Maciez foi mais bem correlacionada com a análise cuja compressão foi de 75%, sendo, portanto, mais eficaz neste estudo, a execução da técnica de TPA com compressões a 75%. Segundo Bourne (2002) quando a análise de perfil de textura foi desenvolvida (*Texture Profile Analysis* - TPA) o grupo pioneiro verificou que os parâmetros texturais obtidos na TPA se correlacionavam bem com a avaliação sensorial. O princípio do teste TPA é imitar a ação de morder dos dentes, portanto, segundo os pesquisadores responsáveis pela TPA, é

necessária uma elevada compressão para melhor representação dos dados sensoriais.

Tabela 20 – Correlação entre os dados de TPA com 30% e 75% de compressão e os atributos sensoriais obtidos no Perfil Convencional.

Variáveis da TPA	Cor	Liberação de soro	Aroma de queijo	Gosto Salgado	Sabor de queijo	Borrachento	Maciez	Esfarelento
Adesividade30	-0,4061	0,9131	-0,5825	-0,9105	-0,7497	0,2225	-0,6822	0,1353
Adesividade75	-0,4391	0,8086	-0,8318	-0,4727	-0,5611	0,6454	-0,7768	-0,1080
Coesividade30	-0,2773	0,8308	-0,1506	-0,8223	-0,8221	0,5179	-0,6594	-0,1394
Coesividade75	-0,3771	0,6535	-0,9191	-0,5595	-0,3940	0,0378	-0,5517	0,3150
Dureza30	-0,1621	0,2043	0,5112	-0,0299	-0,1712	0,3967	0,0173	-0,6469
Dureza75	-0,3227	0,9143	-0,6245	-0,8175	-0,8399	0,6096	-0,8763	0,0466
Elasticidade30	0,5712	-0,4010	0,9341	-0,0525	-0,1406	0,0194	0,1788	0,0998
Elasticidade75	-0,1548	0,7827	-0,6994	-0,7363	-0,8280	0,6915	-0,9514	0,2115
Mastigabilidade30	-0,1837	0,3972	0,3973	-0,2896	-0,3956	0,4539	-0,1780	-0,5309
Mastigabilidade75	-0,3635	0,8513	-0,8291	-0,7743	-0,6872	0,3358	-0,7809	0,2265
Resiliência30	-0,3755	0,8868	-0,3009	-0,7394	-0,7844	0,6274	-0,7089	-0,2407
Resiliência75	-0,4855	0,7873	-0,9374	-0,5966	-0,4639	0,1747	-0,6206	0,1578

Correlações maiores que 0,7 ($r > 0,7$) estão destacadas em Negrito

Shama e Sherman (1973), citados por Marshall (1990), sugeriram que relações mais significativas poderiam ser obtidas se a taxa de deformação durante o ensaio instrumental fosse da mesma ordem de grandeza da mastigação em que as amostras são deformadas para além do seu ponto de fratura.

4.5.2. Perfil dos consumidores que participaram do teste afetivo

Dos consumidores que participaram da análise sensorial, 59,8% eram do sexo feminino, 74,2% eram jovens entre 15 e 25 anos e 80,4% tinham curso superior incompleto (Figura 18). O percentual de jovens e o grau de instrução elevado se devem ao fato de a coleta de dados ter sido feita na UESB entre os alunos, professores e funcionários da instituição.

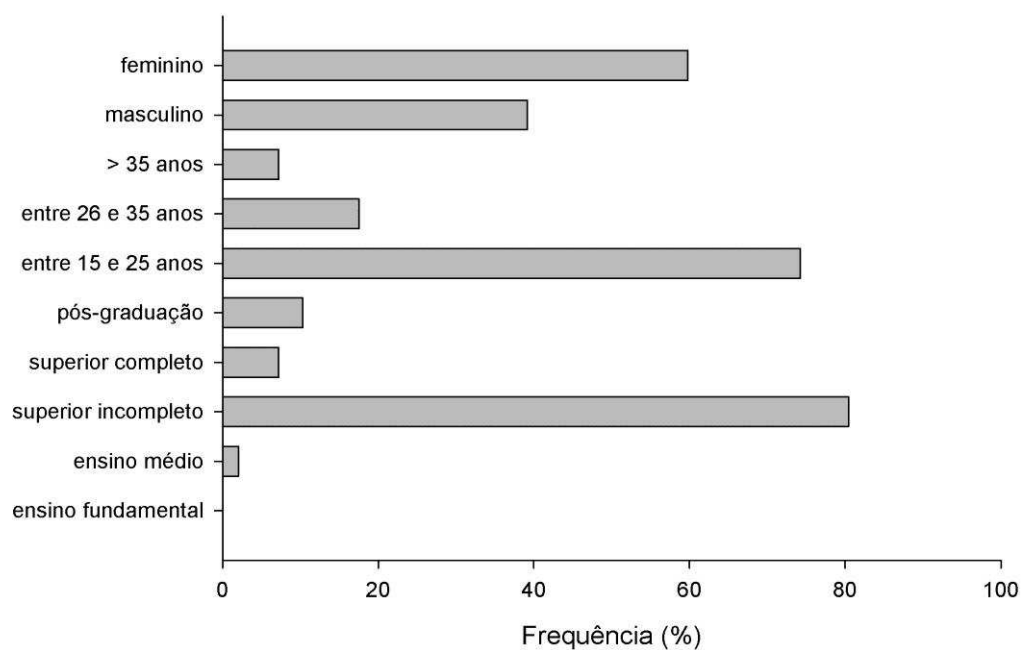


Figura 18– Perfil dos consumidores de queijo de coalho

Foi questionado aos consumidores quantas vezes eles consumiam queijo de coalho e como era preferencialmente consumido (Figuras 19 e 20). Mais de 54,6 % dos consumidores indicaram consumir menos de uma vez por mês o produto, sendo preferido seu consumo na forma assada (indicado por 69,1% dos consumidores), seguido pelo consumo do queijo natural, ou seja, sem assar ou fritar.

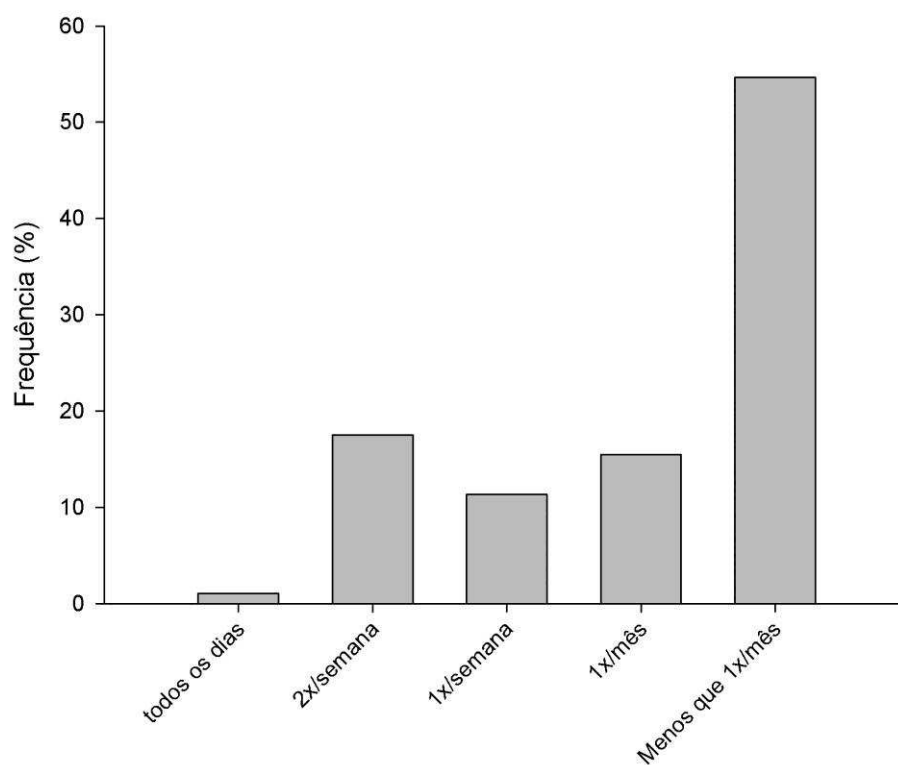


Figura 19– Frequência de consumo de queijo de coalho pelos participantes da análise sensorial.

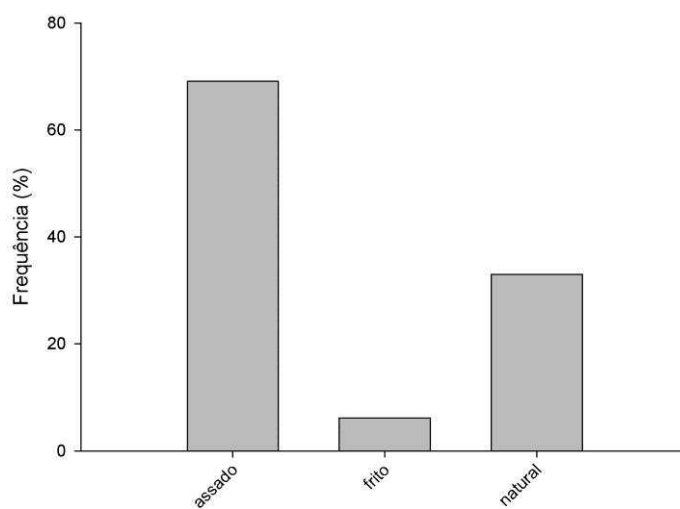


Figura 20 – Modo preferencial de consumo de queijo de coalho dos participantes da análise sensorial.

Com relação à ocasião de consumo, 43,3 % preferem consumi-lo em festas (churrasco) e 38,1 % no lanche. Dos entrevistados, 79,4 % afirmaram

consumir queijo de coalho por considerar um produto saboroso, apenas 13,4 % dos consumidores relacionaram o consumo de queijo de coalho a um produto saudável e o mesmo percentual foi verificado para o quesito qualidade (Figuras 21 e 22).

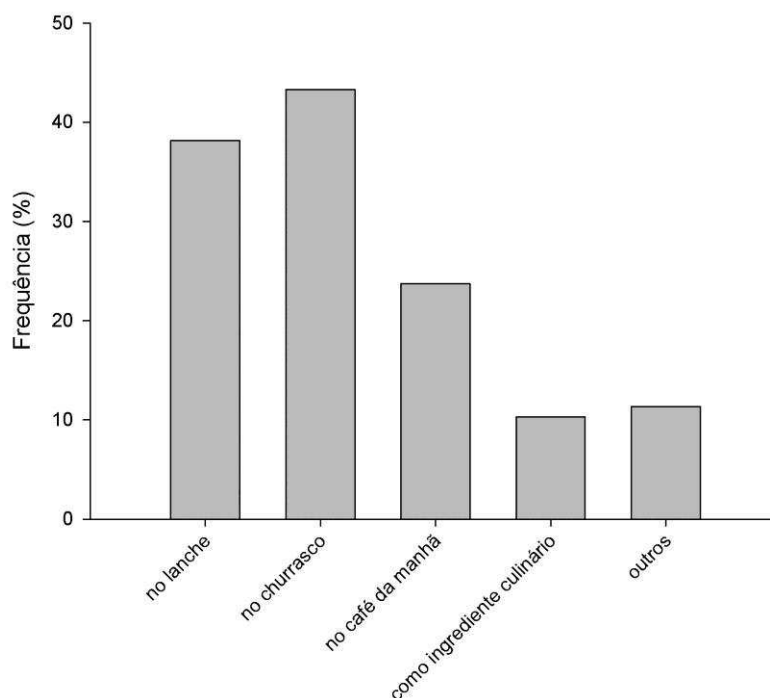


Figura 21 – Ocasião de consumo de queijo de coalho segundo os participantes da análise sensorial.

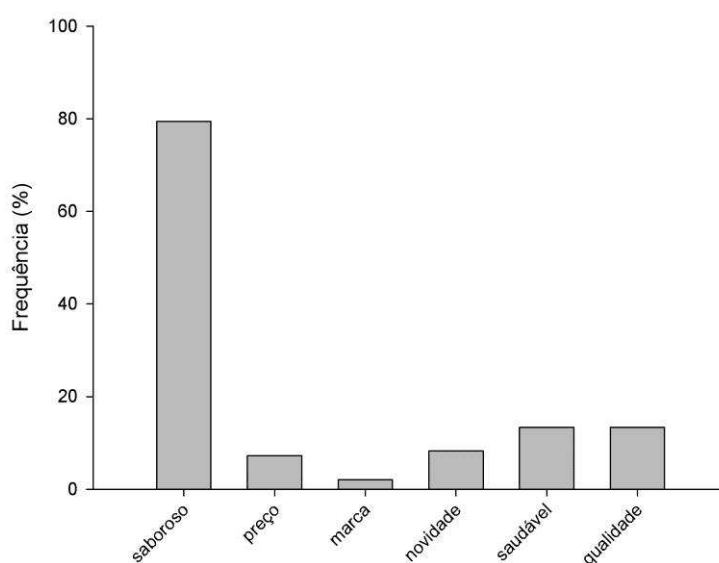


Figura 22 – Fatores que motivam o consumo de queijos de coalho

Foi questionado aos consumidores quanto ao hábito de consumir qualquer tipo de produto *light* e se eles consumiriam o queijo de coalho *light*. Quase a metade dos consumidores (48,5 %) não tem o hábito de consumir produtos *light*, no entanto, 92,7 % afirmaram que comprariam um queijo de coalho *light* (Figura 23).

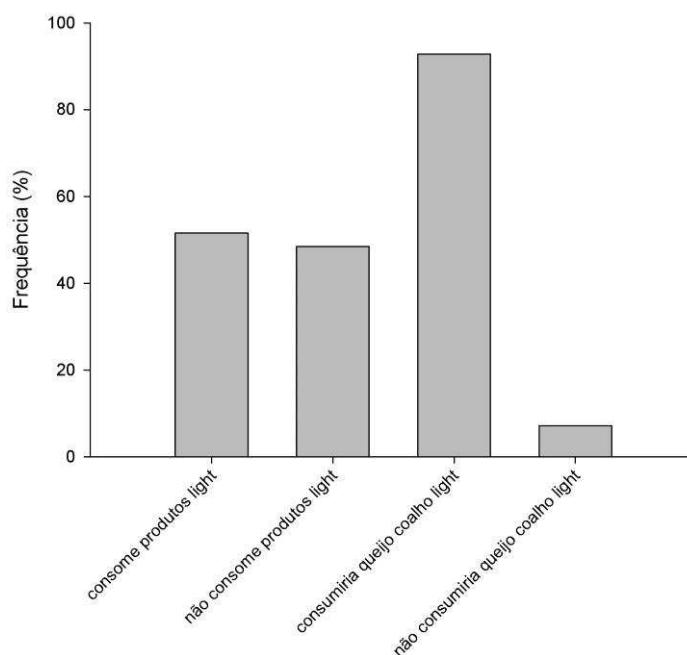


Figura 23—Hábito de consumo de produtos *light* e interesse em consumir queijo de coalho *light*.

Para conhecer os atributos importantes no momento da compra, foi solicitado aos consumidores que ordenassem, atribuindo o numeral um (1) ao menos importante na avaliação e 6 ao mais importante. Na Figura 24 estão apresentados os resultados obtidos para esta ordenação, tendo sido observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Friedman para as variáveis avaliadas. As letras iguais não diferiram entre si. A qualidade do produto e as informações do prazo de validade foram os mais importantes quesitos apontados pelos consumidores na decisão e escolha do queijo de coalho, seguidas pelo preço produto e sua informação nutricional.

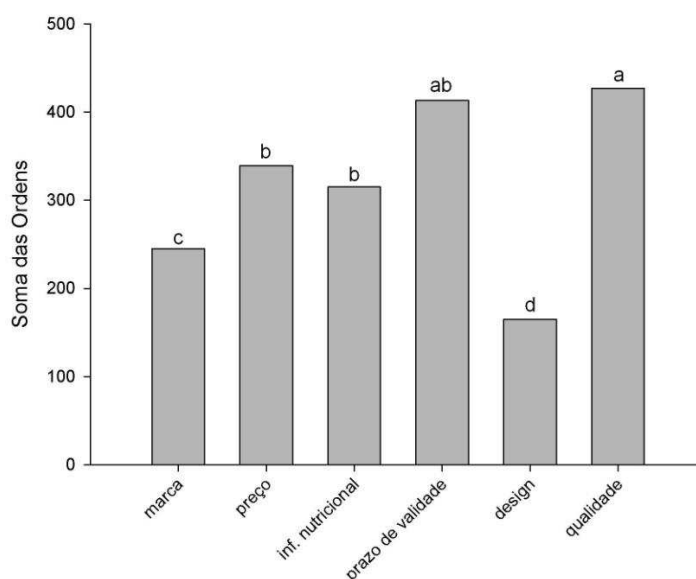


Figura 24 – Soma das ordens dos atributos de maior relevância na compra de queijo de coalho. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Friedman ($P \leq 0,05$).

Sensorialmente, o sabor se destacou, diferindo-se significativamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Friedman, e entre os demais atributos, o sabor foi o mais importante na aceitação do produto (Figura 25). O não derretimento do produto foi encarado pelos consumidores como uma característica pouco relevante. Tal fato pode estar relacionado às diferentes formas de consumo do queijo de coalho na região nordeste, como, por exemplo, no lanche, café da manhã, como ingrediente culinário e também ao consumo do queijo sem assar ou fritar.

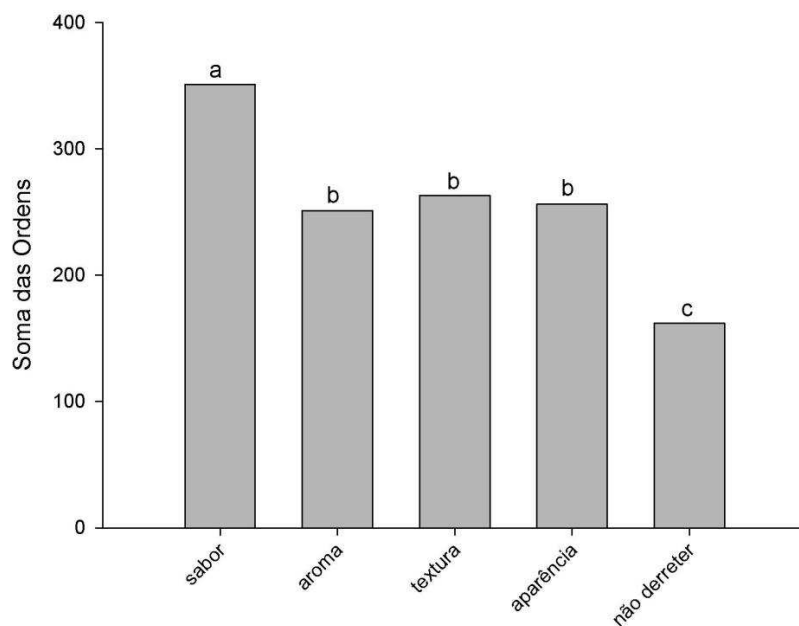


Figura 25 – Soma das ordens dos atributos sensoriais importantes durante o consumo de queijo de coalho. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Friedman ($P \leq 0,05$).

O perfil dos consumidores de queijos de coalho de campinas-SP foi traçado por Perez (2003), sendo que a maioria dos entrevistados consumia queijo de coalho, porém a frequência de consumo era baixa, pois 81% dos entrevistados afirmaram consumir o produto no máximo uma vez por mês. O consumo do produto grelhado foi apontado por 70% dos entrevistados como a melhor maneira. Quanto aos atributos sensoriais, o sabor também foi o mais importante, sendo a característica de não derretimento de pouca relevância.

Embora haja um aumento no consumo de queijos no país, ele ainda é muito baixo comparado aos países europeus. O consumo de queijo no país está intimamente ligado à renda da população, e a elasticidade de renda para queijos apresenta um coeficiente elevado (0,806), indicando que quando a renda da população se reduz, o consumo do produto também diminui (SCOTCONSULTORIA, 2010). A Bahia ocupa a 21ª posição na classificação média da renda domiciliar per capita do país, estando abaixo da média nacional, o que contribui consideravelmente para o baixo consumo de queijo no Estado (IBGE, 2010).

4.5.3. Aceitabilidade dos queijos de coalho *light*

Os dados obtidos no teste de aceitação foram submetidos à análise de regressão, o atributo Textura, entre os analisados, foi o que apresentou ajuste linear, com o parâmetro do modelo significativo ($p \leq 0,05$), e Falta de ajuste não significativa ($p \geq 0,05$), sendo os demais parâmetros não significativos (Tabela 21).

Tabela 21: Análise de Regressão do atributo textura na aceitabilidade do produto.

FV	GL	SQ	QM	F	VALOR-P	R ² trat
Regressão	1	16,13	16,13	8,11	0,005	0,874
F. ajuste	3	2,34	0,77	0,39	0,761	
Julgador	99	789,080	7,97			
Erro puro	396	787,55	1,99			
Total	499	1595,08				

A Tabela 22 apresenta o modelo ajustado bem como o coeficiente de exatidão, indicando que o aumento no teor de gordura do leite para a produção de queijo contribui positivamente para a aceitação da textura do produto.

Tabela 22 – Ajuste do modelo linear aos dados de aceitação para atributo textura.

Parâmetro	Modelo Ajustado	R ²
Textura	$5,885 + 0,423 * G$	0,874

G: percentual de gordura no leite para obtenção do queijo

A aceitabilidade dos queijos de coalho *light* está apresentada na Tabela 23, por meio dos valores médios obtidos para cada tratamento em relação aos atributos sensoriais avaliados.

Tabela 23 – Valores médios obtidos na avaliação sensorial dos queijos de coalho *light*

Formulações	Atributos Sensoriais				
	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
F1,0	7,12	6,87	6,82	6,32	6,76
F1,3	7,16	6,58	6,09	6,36	6,50
F1,6	6,80	6,55	6,11	6,60	6,55
F1,9	7,20	7,03	7,16	6,79	7,24
F2,2	7,25	6,93	7,09	6,74	7,08

As formulações F2,2 e F1,9 tiveram os melhores escores médios para a aceitação do sabor, textura e impressão global, com termos hedônicos variando de “gostei moderadamente” a “gostei muito” para o sabor e impressão global, e “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente” para a textura. A formulação F1,6 foi menos aceita pelos consumidores para os atributos sabor, aroma, aparência e impressão global cujos escores médios variaram de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”.

Para verificar quais características sensoriais influenciaram na aceitação, foi feita uma análise de correlação entre os componentes principais gerados no Perfil Convencional e a aceitabilidade das amostras (impressão global). Os consumidores correlacionados positivamente com o 1º componente principal (alocado no 1º e 4º quadrantes) preferiram os tratamentos cujos atributos gosto salgado, sabor de queijo e maciez ocorreram em maior intensidade, sendo F2,2 e F1,9 seguidos da F1,6 as amostras que apresentaram tais características em evidência. Um grupo menor de consumidores, alocados no 2º quadrante e 3º quadrante, preferiu as amostras com características opostas, tendo-se destacado as amostras F1,3 e F1,0 por conterem menor intensidade do gosto salgado, sabor de queijo e menor maciez (Figura 27). Grande parte dos consumidores não apresentou correlações significativas ($p > 0,05$) com os componentes principais, indicando terem atribuído notas semelhantes para todas as formulações.

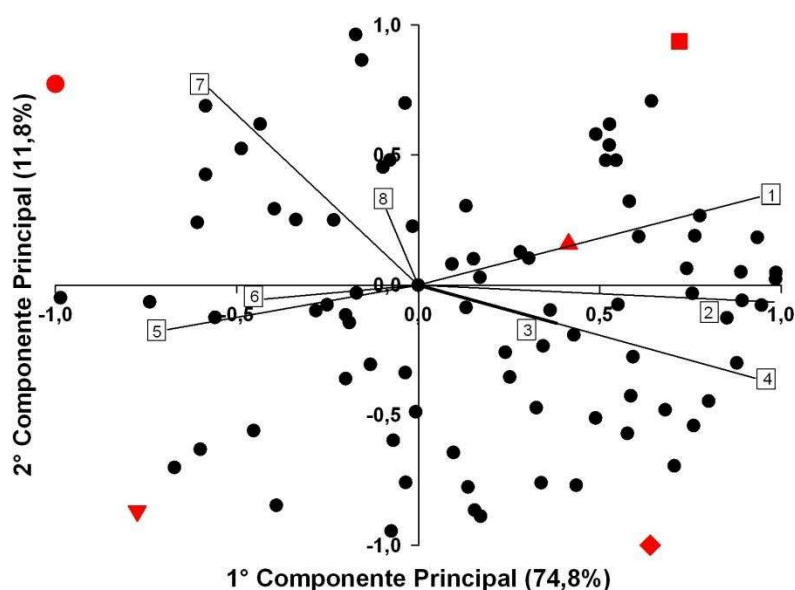


Figura 27 – Correlação dos consumidores (aceitabilidade) com os dois CP do Perfil Convencional ▼ F1,0, ● F1,3, ▲ F1,6, ■ F1,9, ◆ F2,2. Atributos sensoriais: Salgado (1), Sabor de queijo (2); Aroma de queijo (3); Maciez (4); Liberação de soro (5); Esfarelento (6); Borrachento (7); Cor branca amarelada (8).

Embora haja variações entre a aceitabilidade, os resultados indicaram que todos os tratamentos foram bem aceitos pelos consumidores, uma vez que o índice de satisfação foi alto (Figura 28). Considerou como consumidor “muito satisfeito” aquele que atribuiu nota 8 ou 9, “consumidor satisfeito” nota 6 ou 7 e “consumidor insatisfeito” o que atribuiu nota igual ou inferior a 5. A aparência do queijo de coalho é algo extremamente importante para aceitação, uma vez que o queijo, ao ser grelhado, deve apresentar coloração amarronzada, desejável pelos consumidores. Todos os tratamentos tiveram alto percentual de satisfação quanto à aparência dos queijos. Para os atributos Sabor, Textura e Impressão Global, foi verificada tendência de redução da insatisfação com aumento no teor de gordura dos queijos, porém, para o aroma, esta variação da insatisfação (de F1,0 para F2,2) foi menor, indicando possível similaridade entre intensidade e características dos aromas percebidos ou um atributo pouco importante para o produto.

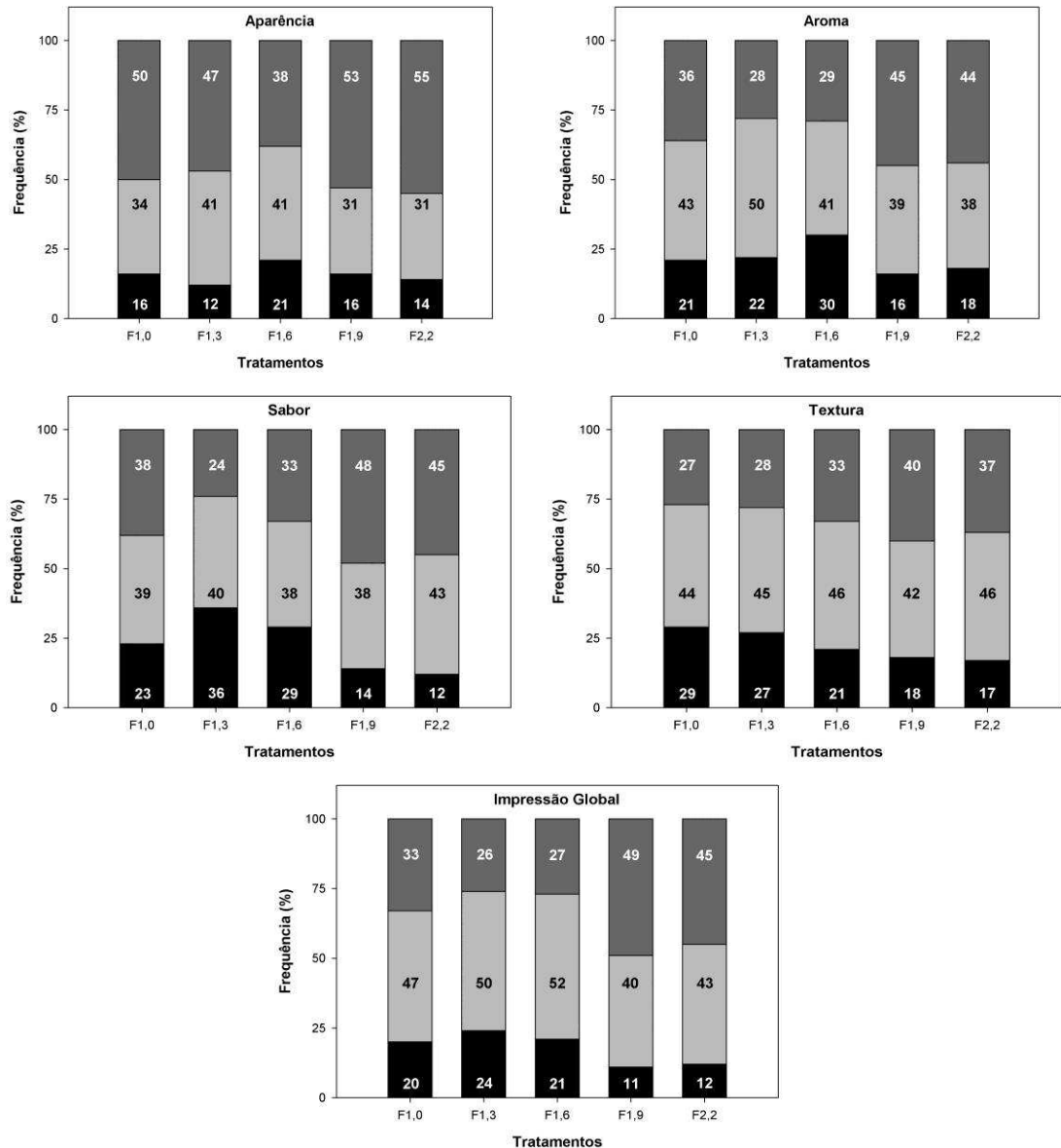


Figura 28 -Histogramas dos dados de aceitação, ■ Notas 8 e 9, ■ Notas 6 e 7, ■ Notas ≤ 5

Viana et al.(2011) obtiveram, por meio de análise descritiva quantitativa (ADQ), um levantamento dos 13 atributos sensoriais para queijos de coalho produzidos com fermento endógeno. Os consumidores preferiram (para os atributos sabor e textura) as amostras caracterizadas sensorialmente como macias e com menores intensidades para o sabor característico de queijo, além de um conteúdo intermediário de sal. Com relação à aparência, os consumidores preferiram as amostras mais homogêneas (sem partículas na massa).

Neste estudo, verificou-se que a formulação com menor teor de gordura (F1,0) obteve um alto índice de satisfação, mesmo se apresentando como um queijo mais duro.

Schenkel et al. (2013) avaliaram o uso de proteína do soro microparticulada (*Simpliss*[®]) na produção do queijo cheddar com reduzido e baixo teor de gordura. Observaram que mesmo com a adição de substituto de gordura o comportamento reológico foi semelhante, porém em grandezas diferentes. O queijo com baixo teor de gordura (2,4%) obteve valor de dureza (TPA) igual a 50 N. Com adição de proteína, a dureza foi reduzida para 20 N, próximo ao encontrado para o queijo com teor reduzido de gordura (17,5%). Verificaram, portanto, grande influência do uso do substituto de gordura nas características físicas do produto.

O mesmo efeito possivelmente ocorreu neste trabalho, pois a formulação F1,0 foi o queijo mais rígido, com características sensoriais como sabor e aroma menos intensas, mas ainda com potencial mercadológico, uma vez a aceitabilidade do produto foi boa. A obtenção de queijo de coalho *light* é algo relativamente simples, pois, ao remover a gordura, ocorre redução do sabor e do aroma, sendo este produto muito consumido, acrescido de condimentos e outros compostos alimentares que contribuem com tais características. A inclusão de CPS levou à percepção (sensorial) de uma massa esfarelenta, inclusive alguns julgadores treinados relataram textura similar a uma ricota, porém isto não foi relatado no teste de aceitabilidade, provavelmente ao ser assado esta percepção tenha sido reduzida ou não determinante para a aceitação do produto.

5. CONCLUSÃO

O uso de concentrado proteico na obtenção de queijos de coalho *light* é viável do ponto de vista sensorial, uma vez que apresentou em todos os níveis de gorduras estudados bom índice de satisfação pelos consumidores. Todas as formulações desenvolvidas apresentaram reduções acima de 25% tanto no teor de gordura quanto no valor energético quando comparadas a queijos de coalho comerciais integrais. Vale ressaltar a necessidade de uma pequena redução no teor de umidade dos queijos desenvolvidos por meio de ajustes tecnológicos, visando a atender a legislação.

A redução do teor de gordura nos queijos de coalho levou à obtenção de uma matriz proteica mais densa, com estruturas mais rígidas e mais interações, ocasionando maior dureza ao produto, porém a inclusão do CPS possivelmente auxiliou na promoção da maciez pela retenção de água, mantendo a aceitabilidade do produto, mesmo na formulação com menor teor de gordura.

Com relação às análises, verificou-se relação entre as análises de TPA, reológicas e sensoriais, sem que houvesse contradição na interpretação dos resultados.

O uso de técnicas instrumentais visando a facilitar o controle de processo e qualidade dos alimentos é algo útil, porém faz-se necessário conhecer quais e como estes instrumentos devem ser operados para maior correlação com os dados sensoriais. Neste estudo, cujo objetivo foi correlacionar os dados da TPA com o Perfil Convencional, verificou-se que compressões maiores se correlacionaram melhor com os dados sensoriais. Além da boa relação com os dados do Perfil Convencional, verificou-se que tais resultados também estavam condizentes com as características reológicas do material.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, K. E.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. (2001). Características físico e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.21, n.2, 187-192.

ANDRADE, A. A. (2006). **Estudo do perfil sensorial, físico-químico e aceitação de queijo de coalho produzido no estado do Ceará**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

BARROS C. M. V., CUNHA C. R. GALLINA, D. A., VIOTTO, L. A., VIOTTO, W. H. (2006). Efeito do uso de cultura adjunta (*Lactobacillus helveticus*) na proteólise, propriedades viscoelásticas e aceitação sensorial de queijo prato *light*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.26, n.1, 11-18.

BOSI, M.G. (2008). **Desenvolvimento de processo de fabricação de requeijão light e de requeijão sem adição de gordura e com fibra alimentar**. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

BOURNE, M. C. (2002). **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2ª Edição. Elsevier Science & Technology Books, 423p.

BRASIL, (1996) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria N° 146, de 7 de março de 1996. **Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos**. Brasília: Diário Oficial da União, 11/03/1996.

BRASIL, (2001). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 30, de 26 de junho de 2001. **Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra ou Manteiga de Garrafa; Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga**. Brasília: Diário Oficial da União, 16/07/2001, Seção 1, p.13-15.

BRASIL, (2003a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 62, de 26 de agosto de 2003. **Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água**. Brasília: Diário Oficial da União, 18/09/2003, Seção 1, p.14.

BRASIL, (2003b). Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Resolução nº 306 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o **Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Disponível em < www.anvisa.gov.br>

BRASIL, (2006). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa 68, de 12 de dezembro de 2006. **Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos**. Brasília: Diário Oficial da União, 14/12/2006 , Seção 1 , Página 8.

BRASIL, (2012). Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Resolução nº54 de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o **Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar**. Disponível em <www.anvisa.gov.br>

BUZATO, R. M. P. (2011) **Influência da relação caseína/gordura do leite e da temperatura de cozimento da massa no rendimento de fabricação e nas propriedades físico-químicas, funcionais e sensoriais do queijo de coalho**. 247 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CABEZAS, L., SÁNCHEZ, I., POVEDA, J. M., SESENÃ, S. PALOP, M. .L. L.. (2007). Comparison of microflora, chemical and sensory characteristics of artisanal Manchego cheeses from two dairies. **Food Control**, 18, 11–17.

CAVALCANTE, J. F. M., ANDRADE, N. J., FURTADO, M. M., FERREIRA, C. L. L. F., PINTO, C. L. O., ELARD, E. (2007). Processamento do queijo coalho regional empregando leite pasteurizado e cultura láctica endógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27, 1, 205-214.

CHROMIK, C., PARTSCHEFELD C., JAROS D., HENLE, T., ROHMA, H. (2010). Adjustment of vat milk treatment to optimize whey protein transfer into semi-hard cheese: A case study. **Journal of Food Engineering**. 100, 496–503.

CUNHA, C. R. (2002). **Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo minas frescal de reduzido teor de gordura**. 118 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

DAMASIO, M. H., COSTELL, E. (1991). Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica e Tecnologia de Alimentos**, 2, 31.

DAMODARAN, S.; PARAF, A. (1997). **Food proteins and their applications**. Marcel Dekker, Inc., New York, 681p.

DAY C. J., MCHALE, S., FRANCIS, J. (2012). Individual differences and preference for dietary fat using the Fat Preference Questionnaire_ in a **UK sample Appetite** 58 679–686

DE RENSIS, C. M. V. B., PETENATE, A. J. VIOTTO, W. H. (2009). Caracterização físico-química, reológica e sensorial de queijos tipo Prato com teor reduzido de gordura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 29, 3, 488-494.

DELLA LUCIA, S. M., CARNEIRO, J. D. S., MINIM, V. P. R. (2013) Análise Sensorial de Alimentos In: MINIM, V. P. R. (Ed.) ,**Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. 3 ed. Ed. UFV, Viçosa, 332p.

DIMITRELI, G.; THOMAREIS, A. S. (2007). Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. **Journal of Food Engineering** 79, 1364-1373.

DUIZER, L. M.; GULLET, E. A.; FINDLAY, C. J. (1996). The relationship between sensory time-intensity, physiological electromyography and instrumental texture profile analysis measurements of beef tenderness. **Meat Science**, 42, 2, 215-224.

FRANCO, P. R.(2013). **Aumento da renda leva à expansão do consumo de queijos especiais no país**. Acesso em 01/10/2013, disponível em <http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/05/19/internas_economia_390425/aumento-da-renda-leva-a-expansao-do-consumo-de-queijos-especiais-no-pais.shtml>

GUINEE, T. P., KILCAWLEY, K. N. (2004).Cheese as an ingredient. In Cheese: chemistry, physics and microbiology. 3^aedition - Volume 2, Elsevier Science Academia Press London 395-428.

GUNASEKARAN, S., AK, M. M. (2003). **Cheese rheology and texture**. CRC Press LLC, Florida, 637p.

HERNÁNDEZ, I., BARRÓN, L. J. R., VIRTO, M., PÉREZ-ELORTONDO, F. J., FLANAGAN, C., ROSAS, U.; NÁJERA, A. I.; ALBISU, M., VISCENT, M. S. RENOBALLES, M. (2009) Lipolysis, proteolysis and sensory properties of ewe's raw milk cheese (Idiazabal) made with lipase addition. **Food Chemistry** 116, 158–166.

HINRICHS, J. (2001). Incorporation of whey proteins in cheese. **International Dairy Journal**. 11, 495–503

HORNE D.S., BANKS, J.M. (2004). Rennet-induced Coagulation of Milk **In:** Fox, P. F.; McSweeney, P. L. H.; Cogan, T. M.; Guinee, T. P. (Eds.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 3^aedition - Volume 1: General Aspects. 47 – 70. Elsevier, Amsterdam, NED.

IBGE, (2010). Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. Disponível em <www.ibge.gov.br>

JOHNSON, M. E., KAPOOR, R., MCMAHON, D. J., MCCOY, D. R., NARASIMMON R. G. (2009). Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 8, 258-268.

KAHYAOGLU, T., KAYA, S. (2003). Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. **International Dairy Journal**, 13, 867–875.

KETHIREDDIPALLI, P., HILL, A. R., DALGLEISH, D. G. (2010). Protein interactions in heat-treated milk and effect on rennet coagulation. **International Dairy Journal**, 20, 838-843.

LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. (2010) **Sensory Evaluation of Food**, Food Science Text Series, Springer Science Business Media, LLC, 596 p.

LIMA, J. R., NASSU, R. T. (1996). Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. **Química Nova**, 19, 2. 127-134.

LIMA, M. H. P., TELLES, F. J. S., SIQUEIRA, B. A. M., BENEVIDES, S. D. (1998).Elaboração de queijo de coalho a partir de leite pasteurizado e inoculado com *Streptococcus thermophyllus* e *Lactobacillus bulgaricus*: aspectos bioquímico e sensorial. **Boletim do CEPPA**, 16, 1, 37-44.

LOBATO-CALLEROS C., REYES-HERNÁNDEZ J., BERISTAIN C. I., HORNELAS-URIBE Y, SÁNCHEZ-GARCÍA J. E., VERNON-CARTER E. J., (2007). Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. **Food Research International**, 40, 529–537.

LOBATO-CALLEROS, C. ROBLES-MARTINEZ, J. C., CABALLERO-PEREZ, J. F., AGUIRRE-MANDUJANO, E. (2001). Fat replacers in low-fat Mexican manchego cheese. **Journal of Texture Studies**, 32, 1- 14.

LOUBENS, C., SAINT-EVE, A., DÉLÉRIS, I., PANOUILLÉ, M., DOYENNETTE, M., TRÉLÉA, I. C., SOUCHON, I. (2011). Mechanistic model to understand in vivo salt release and perception during the consumption of dairy gels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59, 6 2534-2542.

LUCEY, J. A., JOHNSON, M. E., HORNE D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, 86, 9, 2725-2743.

MAMEDE M. E. O., VIANA, A. C., SOUZA, A. L. C., FARIAS, S.A.O, ARAUJO, P. A. (2010). Estudo das características sensoriais e da composição química de queijo de coalho industrializado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 69(3):364-370.

MARSHALL, R. J. (1990). Combined instrumental and sensory measurement of the role of fat in food texture. **Food Quality and Preference**, 2, 117-124.

MESSENS, W., WALLE, D. V. AREVALO, J. DEWETTINCK, K., HUYGHEBAERT, A. (2000). Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. **International Dairy Journal**, 10, 359-367.

MISTRY, V. V. (2001). Low fat cheese technology. **International Dairy Journal** 11, 413–422.

MOSKOWITZ, H. R. (1983). **Product testing and sensory evaluation of foods**. Marketing and R&D approaches. Westport: Food and Nutrition Press.

O'CALLAGHAN, D.J., GUINEE, T. P. (2004). Rheology and texture of cheese In *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Science, Vol1, 3^aed. Academia Press London 511-540.

OUTINEN, M., HEINO, A., UUSI-RAUVA, J. (2010). Pre-treatment methods of Edam cheese milk. Effect on the whey composition. **Food Science and Technology** 43, 647–654.

PANOUILLE, M., SAINT-EVE, A., LOUBENS, C., DÉLÉRIS, I., SOUCHON, I. (2011). Understanding of the influence of composition, structure and texture on salty perception in model dairy products. **Food Hydrocolloids** 25, 716-723.

PEREZ, R. M. (2005). **Perfil sensorial, físico-químico e funcional de queijo de coalho comercializado no município de Campinas, SP**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

PHAN, V. A., YVEN, C., LAWRENCE, G., CHABANET, C., REPARET, J. M., SALLES, C. (2008). In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures **International Dairy Journal** 18 956–963.

RAMOS, A. M. (1997). **Caracterización Reológica y Transmisión de Calor em Derivados de Frutas em el Interior de Tanques Agitados**. Lleida, Espanha: Universitat de Lleida. 304f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)

REIS, R. C., MINIM, V. P. R., (2013) Teste de Aceitação In: MINIM, V. P. R. (Ed.), **Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. 3 ed. Ed. UFV, Viçosa, 332p.

RICHTER, V. B. (2006). **Desenvolvimento de uma técnica descritiva por ordenação**. 74 f Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Londrina.

RYNNE, N. M., BERESFORDA, T. P., KELLY, A. L., GUINEE, T. P. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. **International Dairy Journal** 14, 989–1001.

SAN MARTÍN-GONZÁLEZ, M. F. , RODRÍGUEZ, J. J. , SUBBARAO, G., CLARK, S. , SWANSON, B. G. , BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Yield, composition and rheological characteristics of cheddar cheese made with high pressure processed milk, **Food Science and Technology**, 40:697.

SCHENKEL, P., SAMUDRALA, R., HINRICHS J. (2013). The effect of adding whey protein particles as inert filler on thermophysical properties of fat-reduced semi hard cheese type Gouda. **International Journal of Dairy Technology**. 2, 66, 220-230.

SCOTCONSULTORIA (2010). **Aumenta o consumo de queijo no Brasil**., Ano 6, Ed 105. www.scotconsultoria.com.br<acesso em 02/2011>.

SILVA, R. A., LIMA, M. S. F., VIANA, J. B. M., BEZERRA, V. S., PIMENTEL, M. C. B., PORTO, A. L. F. CAVALCANTI, M. T. H., LIMA FILHO, J. L. (2012). Can artisanal “Coalho” cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food? **Food Chemistry**, 135, 1533–1538.

SINGH H., WAUGANA A., (2001). Influence of heat treatment of milk on cheese making properties. **International Dairy Journal**, 11, 543 – 551.

SINHA, R., RADHA, C., PRAKASH, J., KAUL, P. (2007). Whey protein Hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation **Food Chemistry**, 101, 1484–1491.

SKELTE, G., ANEMA, S. K. L., KLOSTERMEYER, H. (2007). Effect of pH at heat treatment on the hydrolysis of k-casein and the gelation of skim milk by chymosin. **LWT**, 40, 99–106.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F., ROIG, S. M. (2005). Avaliação sensorial de queijo prato obtido por modificações do processo tradicional de fabricação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25, 4, 705-712.

STEFFE, J. F., (1996). **Rheological Methods in Food Process Engineering** Freeman Press, 2ªed. East Lansing, 418p.

STONE, H., SIDEL, J. L., OLIVER, S., WOOLEY, A., SINON, R. C. (1974). Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, 28, 11, 24-34.

STONE, H.; SIDEL, J. (1993). **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 338 p.

SUBRAMANIAN, R., GUNASEKARAN, S. 1997. Small amplitude oscillatory shear studies on Mozzarella cheese: Part I. Region of linear viscoelasticity. **Journal of Texture Studies**, 28 (6): 633-642.

THOMPSON J.L., DRAKE M.A., LOPETCHARAT K., YATES M.D. (2004). Preference mapping of commercial chocolate milks. **Journal of Food Science**, 69, 9, 406-413.

VALLE, J. L. E. CAMPOS, S. D. S, YOTSUYANAGI K. SOUZA, G. (2004). Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24, 4, 669-673.

VAN HEKKEN, D.L., PARK, Y.W., TUNICK, M.H. (2013). Effects of reducing fat content on the proteolytic and rheological properties of Cheddar-like caprine milk cheese **Small Ruminant Research**, 110, 46– 51

VAN WAZER, J.R.; LYONS, J.W.; KIM, K.Y. y COLWELL, R.D. (1963). **Viscosity and flow measurements. A Laboratory Handbook of Rheology**. Interscience Publishers, New York.

VASBINDER, A. J., KRUIF C. G. (2003). Casein–whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. **International Dairy Journal** 13 669–677.

VEIGA, P. G.; CUNHA, R. L.; VIOTTO, W. H.; PETENATE, A. J. (2000). Caracterização química, reológica e aceitação sensorial do queijo petitsuisse brasileiro **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20, 3, 349-357.

VIANA, A. C., TESHIMA, E., CHAVES, A. C. S. D., MAMEDE, M. E. O., (2011). Evaluation of quality of Coalho cheese produced with endogenous *Lactococcus spp.* **British Food Journal**, 113, 5, 680 - 692.

VIDIGAL, M. C. T. R. (2009). **Caracterização reológica e sensorial de sobremesa láctea diet contendo concentrado proteico de soro**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

WADHWANI, R., MCMAHON, D. J. (2012). Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking **Journal of Dairy Science**, 95, 5, 2336–2346.

WHO - World Health Organization (2013). **Fact Sheet. Obesity and Overweight**. Acesso em 30/08/2013, disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>>.