

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

VICTÓRIA MAURICIO TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO DE COALHO COM POTENCIAL PREBIÓTICO E
SIMULAÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

RECIFE

2017

VICTÓRIA MAURICIO TEIXEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO DE COALHO COM POTENCIAL PREBIÓTICO
E SIMULAÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos e Bioquímicos
Linha de pesquisa: Processos Bioquímicos

Orientadora: Profa. Dra. Yêda Medeiros Bastos de Almeida.

Coorientadoras: Profa. Dra. Samara Alvachian Cardoso de Andrade.
Profa. Dra. Silvana Magalhães Salgado.

Recife
2017

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

T266d Teixeira, Victória Mauricio.
Desenvolvimento de queijo de coalho com potencial prebiótico e simulação do processo industrial / Victória Mauricio Teixeira. – 2017.
105 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Yêda Medeiros Bastos de Almeida.
Coorientadoras: Profa. Dra. Samara Alvachian Cardoso de Andrade.
Profa. Dra. Silvana Magalhães Salgado.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2017.
Inclui Referências, Apêndice e Anexos.

1. Engenharia Química. 2. Queijo coalho. 3. Inulina. 4. Queijo prebiótico. 5. Alimento funcional. I. Almeida, Yêda Medeiros Bastos de. (Orientadora). II. Andrade, Samara Alvachian Cardoso de. (Coorientadora). III. Salgado, Silvana Magalhães. (Coorientadora). IV. Título.

UFPE

660.2 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-231

VICTÓRIA MAURICIO TEIXEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO DE COALHO COM
POTENCIAL PREBIÓTICO E SIMULAÇÃO DO PROCESSO
INDUSTRIAL**

Linha de Pesquisa: Processos Bioquímicos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, defendida e aprovada em 22 de Fevereiro de 2017 pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof^a. Dr^a. Yêda Medeiros Bastos de Almeida/DEQ-UFPE
(Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Samara Alvachian Cardoso de Andrade/DEQ-UFPE
(Co-Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Silvana Magalhães Salgado/Nutrição -UFPE
(Co-Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Andrelina Maria Pinheiro Santos/DEQ-UFPE
(Examinador Externa)

Prof^a. Dr^a. Glória Maria Vinhas/DEQ-UFPE
(Examinador Interna)

Prof^a. Dr^a. Viviane Montarroyos Padilha/Nutrição -UFPE
(Examinador Externa)

*Dedico a Deus, toda minha amada família, amigos e ao
Universo por conspirar a favor da realização dessa conquista.*

AGRADECIMENTOS

Minha sincera gratidão, respeito e admiração:

A Deus por todas as graças concedidas, por sempre guiar meus passos e me ensinar o caminho correto a seguir.

A minha mãe Cynthia pelo amor incondicional, apoio e a total dedicação a todos os meus projetos hoje e sempre.

Ao meu noivo Cássio por está sempre ao meu lado desde o início da graduação em engenharia química me apoiando em todos os momentos (bons e difíceis) e incentivando em todas as minhas decisões.

A avó Olinda, as irmãs Aurora e Kelly, e a toda família pela alegria e por acreditarem em mim.

As minhas orientadoras: Professora Yeda, Professora Samara e Professora Silvana pela confiança, apoio, dedicação, paciência, ensinamentos, por sempre acreditarem no meu potencial e por quem tenho grande admiração.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Engenharia Química da UFPE e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE pela oportunidade de realização do curso.

A Fazenda de produção de queijo de coalho e Sr. Dede pela parceria e solidariedade.

Ao Departamento de Nutrição da UFPE e Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL) por proporcionarem o desenvolvimento deste trabalho.

A Camilo, Vivaldo, Olívia e a todos os funcionários do LEAAL e do Departamento de Nutrição pelo auxilio durante as análise.

Aos funcionários do programa de pós-graduação Priscila e Flávio pela disponibilidade, assistência e incentivo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química da UFPE pelos ensinamentos.

A turma do mestrado pelo convívio e amizade.

As professoras da banca examinadora, Professora Glória e Professora Vivianne pelas correções e sugestões na redação deste documento.

A amiga Rosallya por ter me ajudado na parceria com a fazenda produtora de queijo de coalho.

A minha prima Isis, minhas amigas Marília e Raquel pelo por me ajudarem a realizar a análise sensorial com muito companheirismo e amizade.

As meus amigos Leon e Alessandra por me ajudarem na produção do queijo de coalho com muita alegria. Agradeço também a minha amiga Alessandra por todos os conselhos.

As meus amigos Marília, Daysianne e André por começarem essa jornada comigo, aos estudos com muita dedicação e alegria.

As minhas amigas Ana Maria, Caroline e Jéssica pelos dias de estudo e descontração.

A Allan por me ajudar na simulação do processo de produção do queijo de coalho.

A Natalia e Elisson por me ajudarem na análise do perfil de textura do queijo de coalho.

Aos meus amigos Pamela, Peterson, Oscar, Danilo, Alessandra, Cassio, André, Aquiles, Jesse, Leonardo por participarem da análise sensorial.

A todos os meus amigos que participaram direta e indiretamente desse trabalho (Eduarda Malafaia, Gisele, Thiago, Shirley, Tiago, Eduarda Mello, Aline, Liliane, Barbara, Raíssa, Dóris, Suzanne, Tasso, Susan, Gleyci), muito obrigada por toda amizade.

A todos os demais não citados aqui, mas igualmente merecedores da minha eterna gratidão.

E novamente a Deus que colocou em minha vida todas essas pessoas especiais

RESUMO

Nos últimos anos, diversos estudos sobre compostos bioativos adicionados aos alimentos têm sido realizados visando reduzir o risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Destaca-se a inulina, um prebiótico, que atua no intestino grosso estimulando o crescimento de bactérias bífidas. Dessa forma, o presente trabalho propôs desenvolver um queijo de coalho com potencial prebiótico e simular o seu processo de fabricação. Esse estudo é importante, pois aumentar os benefícios que o queijo de coalho trará a saúde dos consumidores poderá contribuir para progresso do nordeste brasileiro mobilizando o setor socioeconômico, uma vez que o queijo de coalho é um produto típico da região e atualmente difundido em todo o território brasileiro. Para tanto, adicionou-se inulina, na etapa de mexedura, durante o processo de fabricação do queijo de coalho para obtenção de duas amostras: QCP (amostra de queijo de coalho padrão) e QCI (amostra de queijo de coalho com inulina). Nas duas amostras estudadas foram realizadas as seguintes análises: composição centesimal, pH, acidez, atividade de água, microbiológica e colorimétrica. Assim como também foi possível conhecer as características desse novo queijo desenvolvido e o efeito da adição da inulina quando armazenados sob-refrigeração durante 14 dias a partir da análise de perfil de textura instrumental, capacidade de derretimento, teste de aceitabilidade e intenção de compra. Apenas para QCI foi realizada a análise do percentual de fibras alimentares. Por fim, foram efetuados o balanço de massa e a simulação do processo de produção do QCI. Os resultados obtidos no presente estudo sugerem o queijo de coalho com inulina como matriz potencialmente funcional, uma vez que a quantidade de inulina por porção de queijo de coalho está de acordo com o que preconiza a ANVISA (acima de 2,5g). As amostras de queijo de coalho estudadas demonstraram diferenças na composição centesimal e demais parâmetros físico-químicos e instrumentais avaliados. A inulina contribuiu para obtenção de queijos com menor capacidade de derretimento e com textura firme, macia, e pouco adesiva. Ambos os queijos apresentaram alta luminosidade (L^*) e predominância da cor amarela (b^*) em detrimento da verde (a^*). Os diversos atributos sensoriais avaliados por provadores, assim com intenção de compra, indicaram bons resultados para este novo produto. O processo simulado pelo software ASPEN HYSYS forneceu informações importantes sobre o projeto real da planta de produção deste produto manufaturado, o que pode auxiliar em uma futura implementação prática. O trabalho proposto colabora para o desenvolvimento de um mercado lucrativo para novos produtos lácteos enriquecidos com componentes fisiologicamente ativos, prebióticos, que atualmente é uma das prioridades de pesquisa da indústria de alimentos.

Palavras-chave: Queijo coalho. Inulina. Queijo prebiótico. Alimento funcional.

ABSTRACT

Over the last few years, several studies on bioactive compounds added to foods have been conducted to reduce the risk of chronic noncommunicable diseases (CNCDs). Among the bioactive compounds inulin stands out, which acts in the large intestine stimulating the growth of bifid bacteria. Thus, the present work proposed to develop a rennet cheese with prebiotic potential, by adding the soluble fiber inulin, and simulating its manufacturing process. This study is important since increasing the benefits that rennet cheese will bring to consumers' health may contribute to the progress of Brazilian Northeast region by mobilizing the socioeconomic sector, once rennet cheese is a typical product in this region and it is currently diffused throughout Brazilians territory. For this purpose, inulin was added during the cooking process in order to obtain two samples: QCP (rennet cheese sample) and QCI (rennet cheese sample with inulin). In both samples studied, the following analyzes were performed: centesimal composition, pH, acidity, water activity, microbiological and colorimetric. As well as it was possible to know the characteristics of this new developed cheese and the effect of inulin addition when they are stored under refrigeration for 14 days from the analysis of instrumental texture profile, meltability, acceptability test and purchase intention. The percentage of dietary fiber was analyzed only for QCI. Finally, the mass balance and the simulation of the QCI production process were carried out. The results obtained in the present study suggest the rennet cheese with inulin as a potentially functional matrix, since the amount of fiber per cheese portion is within the ANVISA recommended value (above 2,5g). The rennet cheese samples studied showed differences in centesimal composition and other physical-chemical and instrumental parameters evaluated. Inulin contributed to obtain cheeses with lower melting capacity and with a firm, soft, and poorly adhesive texture. Both cheeses presented high luminosity (L^*) and predominance of yellow color (b^*) to the detriment of green (a^*). The various sensory attributes assessed by tasters, thus with intent to purchase, indicated good results for this new product. The process simulated by ASPEN HYSYS software provided important information on the actual design of the production plant for this manufactured product, which may aid in future practical implementation. The proposed work contributes to the development of a profitable market for new dairy products enriched with physiologically active, prebiotic components, which is currently one of the food industry's research priorities.

Keywords: Rennet cheese. Inulin. Prebiotic cheese. Functional food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura química da inulina (SHOAIB <i>et al</i> , 2016).....	29
Figura 2: Reação de coagulação enzimática (Adaptado de FOX; MCSWEENEY, 2003).	36
Figura 3: Etapas básicas de fabricação de queijo (PAULA <i>et al</i> , 2009).	37
Figura 4: Representação gráfica geral da análise do perfil de textura (Adaptado de HLEAP; VELASCO, 2010).	42
Figura 5: Representação do sistema colorimétrico CIELab (BARROS <i>et al</i> , 2014).	44
Figura 6: Etapas de produção do queijo de coalho (Adaptado de Machado <i>et al</i> , 2011).	48
Figura 7: Fluxograma da simulação do processo obtenção do queijo de coalho com inulina.	62
Figura 8: Frequência das notas atribuídas à intenção de compra para o QCP.....	73
Figura 9: Frequência das notas atribuídas à intenção de compra para o QCI.	73
Figura 10: Análise do perfil de textura do QCP e QCI com 1 dia de armazenamento refrigerado.	74
Figura 11: Análise do perfil de textura do QCP e QCI com 7 dia de armazenamento refrigerado.	75
Figura 12: Análise do perfil de textura dos QCP e QCI com 14 dia de armazenamento refrigerado.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Alegações de propriedades funcionais e ou de saúde aprovadas pela ANVISA.....	23
Tabela 2: Composição quantitativa do leite (% em massa).....	34
Tabela 3: Composição quantitativa do soro de leite (% em massa)	34
Tabela 4: Componentes e suas respectivas quantidades.....	47
Tabela 5: Composição do leite.	60
Tabela 6: Análises físico-químicas do QCP e QCI <i>in natura</i>	63
Tabela 7: Médias das determinações instrumentais de cor nas amostras de QCP e QCI.....	67
Tabela 8: Atividade de água do QCP e QCI durante 14 dias de armazenamento refrigerado.	68
Tabela 9: Capacidade de derretimento dos QCP e QCI durante 14 dias de armazenamento refrigerado.	69
Tabela 10: Notas atribuídas aos atributos: aparência, cor, aroma, textura, sabor, impressão global e intenção de compra dos QCI e QCP durante 14 dias de armazenamento refrigerado....	71
Tabela 11: Balanço de massa.	77
Tabela 12: Comparação da composição do queijo simulado e experimental.....	78
Tabela 13: Comparação da composição do soro de leite simulado com dados da literatura.	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta

CCNFSDU – *Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses*

CD – Capacidade de derretimento

CIE – *Commission internationale de l'éclairage*

CIELab – Modelo colorimétrico L, a*, b*

CMP – Caseinomacropéptideo

CTCAF – Comissão Técnico-Científica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos

DCNT – Doenças crônicas não transmissíveis

DINE – Diretoria de Inovação e Empreendedorismo (UFPE)

EPO – *European Patent Office*

FAT – Fibra alimentar total

FDA – *Food and Drug Administration*

FOS – Frutooligossacarídeos

FOSHU – *Foods for Specified Health Use*

FUFOSE – *The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe*

GGALI – Gerência Geral de Alimentos

GOS – Galactooligossacarídeos

ILSI – *International Life Sciences Institute*

ISAPP – *International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics*

LEAAL – Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos

NMP – Número Mais Provável

RGB – *red, green, blue*

QCI – Queijo de coalho com inulina

QCP – Queijo de coalho padrão

TPA – Análise do Perfil de Textura

WPC – *Whey protein concentrate*

WPI – *Whey protein isolate*

LISTA DE SÍMBOLOS

a* – Contribuição das cores verde (-) / vermelho (+)

b* – Contribuição das cores azul (-) / amarelo (+)

C – Média do peso das amostras de cinzas

Di – Diâmetro inicial

Df – Diâmetro Final

BT – Peso do branco

f – Fator de conversão

L* – Luminosidade

m/m – Massa de soluto por massa da solução

N – Peso das cinzas

P – Peso da amostra

Pf – Peso final da amostra

Pi – Peso inicial da amostra

Pt – Média do peso da proteína (mg)

RT – Média do peso de resíduo

V – Volumes gastos na titulação

valor-p – Nível descritivo ou probabilidade de significância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL	19
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	20
2.1	ALIMENTOS FUNCIONAIS	20
2.2	PREBIÓTICO	24
2.3	INULINA	28
2.4	QUEIJO	33
2.5	QUEIJO DE COALHO.....	40
2.6	PERFIL DE TEXTURA EM ALIMENTOS	42
2.7	COLORIMETRIA EM ALIMENTOS	44
2.8	SIMULAÇÃO DE PROCESSO COM <i>SOFTWARE ASPEN-HYSYS</i>	45
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
3.1	ELABORAÇÃO DO QUEIJO	46
3.1.1	Matéria-prima	46
3.1.2	Fluxograma de Produção	47
3.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	50
3.2.1	pH.....	50
3.2.2	Acidez.....	50
3.2.3	Atividade da água (Aw).....	50
3.2.4	Umidade e Substâncias Voláteis	51
3.2.5	Cinzas	51
3.2.6	Proteína	52
3.2.7	Lipídios	53
3.2.8	Fibra Alimentar	54
3.3	ANÁLISE COLORIMÉTRICA	55
3.4	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA	55

3.5	CAPACIDADE DE DERRETIMENTO	56
3.6	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	56
3.7	ANÁLISE SENSORIAL	57
3.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	57
3.9	BALANÇO DE MASSA.....	58
3.10	SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE QUEIJO DE COALHO COM INULINA	58
3.10.1	Composição e propriedades do leite.....	58
3.10.2	Componentes e modelo termodinâmico selecionado	60
3.10.3	Simulação do processo	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	63
4.2	ANÁLISE COLORIMÉTRICA	66
4.3	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	67
4.4	ESTUDO DA ESTABILIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO	68
4.4.1	Atividade de água	68
4.4.2	Capacidade de Derretimento	69
4.4.3	Análise Sensorial.....	70
4.4.4	Intenção de compra	72
4.4.5	Avaliação do Perfil de Textura	74
4.5	BALANÇO DE MASSA.....	77
4.6	SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO QUEIJO DE COALHO COM INULINA	78
5	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE	97
	ANEXOS	102

1 INTRODUÇÃO

O perfil epidemiológico brasileiro expõe aumento no número de casos de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) como hipertensão arterial sistêmica, osteoporose, obesidade, diabetes *mellitus* e câncer. Em média 72% das mortes no Brasil são causadas por DCNTs, atingindo população de todas as classes sociais. Como consequência, nos últimos anos, há uma crescente demanda por alimentos que possuam funções específicas para melhorar a saúde e bem-estar geral da população, estes alimentos são denominados funcionais (SILVA *et al*, 2016).

Para ser considerado funcional um alimento deve satisfazer as atividades nutricionais básicas, promover a saúde e reduzir o risco de doença. O alimento funcional é visto como uma tendência no mercado alimentício, as razões relacionadas a esse crescente mercado são: a busca por dietas saudáveis valorizando o alimento, o reconhecimento pelas agências reguladoras dos benefícios dos alimentos funcionais para a saúde, a possibilidade de redução de custos no combate das DCNTs, e, por fim, para as indústrias que investiram em pesquisa e novas tecnologias (SILVA *et al*, 2016).

Dentre os ingredientes considerados funcionais destacam-se os prebióticos, que são definidos como substâncias que não são hidrolisadas na parte superior do trato gastrintestinal e servem de substrato para um limitado número de bactérias benéficas (lactobacilos e bifidobactérias), sendo capaz de alterar a microflora intestinal favorável e induzir efeitos benéficos intestinais ou sistêmicos (ROCHA *et al*, 2010).

A inulina faz parte destes prebióticos, apresentando funcionalidade técnica que justifica a sua adição na elaboração de produtos lácteos. Possui origem vegetal, sendo extraída, principalmente, das raízes da chicória. Classificada como fibra solúvel, apresenta elevada característica higroscópica. Devido ao seu baixo teor calórico (1,5 kcal/g), elevado teor de fibra alimentar (97%) e por não alterar o sabor ou aparência do alimento é bastante utilizada na indústria de alimentos. Pesquisas que avaliaram a adição de inulina em produtos como biscoitos, iogurtes e bolos demonstraram boa aceitabilidade sensorial, o que pode elevar sua comercialização (SOLAGNA *et al*, 2016).

Diversos produtos lácteos foram testados como veículos para compostos prebióticos. Dentre esses produtos, o queijo destaca-se como uma importante matriz alimentar para a incorporação desses compostos, pois é um dos produtos mais versáteis, agradável a muitos paladares e adequado a todas as faixas etárias. A sua versatilidade oferece oportunidades para muitas estratégias de mercado. Estudos realizados para avaliar o efeito da adição de prebióticos em queijos indicaram uma influencia positiva sobre as características sensoriais e reológicas do produto, como também uma boa estabilidade. Assim, a adição de prebióticos durante a elaboração de queijos parece ser uma importante alternativa para a indústria de alimentos, uma vez que a adição desses ingredientes tem apresentado efeitos positivos sobre os produtos (SAAD *et al*, 2011).

Um queijo tipicamente nordestino e muito popular é o queijo de coalho, amplamente consumido pela população na forma “*in natura*”, assado ou frito. Os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba e Pernambuco são os principais produtores deste produto manufaturado (ALMEIDA; JÚNIOR; GUERRA, 2013). A fabricação do queijo de coalho não exige equipamentos sofisticados e a tecnologia é relativamente simples (NASSU *et al*, 2006). A sua produção é importante, em âmbito regional e nacional, visto que garante sustentabilidade tanto no campo produtivo quanto no campo social, ajudando a assegurar a criação de inúmeros postos de trabalho, gerando renda para os produtores rurais (RIBEIRO *et al*, 2011).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um produto com características funcionais, um queijo com potencial prebiótico, utilizando a matriz regional de grande importância socioeconômica e tecnológica, que é o queijo de coalho, e simular o seu processo de produção industrial. O ingrediente prebiótico utilizado para este trabalho foi a inulina, visto que até o momento a mesma ainda não foi adicionada ao queijo de coalho. Agregar valor ao queijo de coalho, o que poderá proporcionar a movimentação do setor socioeconômico, contribuindo para o desenvolvimento regional por ser fonte de renda e trabalho de muitos produtores rurais. Assim como poderá contribuir, também, para a saúde da população.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um queijo de coalho com potencial prebiótico, a partir da adição da fibra prebiótica inulina, e simular o seu processo de fabricação industrial.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da adição inulina sobre as propriedades físico-químicas, microbiológicas, colorimétricas, textura e capacidade de derretimento do queijo de coalho;
- Avaliar a aceitabilidade e intenção de compra do queijo de coalho com inulina;
- Realizar o balanço de massa do processo de produção do queijo de coalho com inulina;
- Simular o processo de produção industrial do protótipo queijo de coalho com inulina.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS

O panorama epidemiológico no Brasil descreve um aumento na incidência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) como câncer, diabetes, obesidade, hipertensão arterial sistêmica e osteoporose. Aproximadamente 72% das mortes nas regiões brasileiras são causadas por DCNTs, sendo que os grupos mais atingidos são os de baixo nível de instrução, de renda e idosos. Por esse motivo, a preocupação com a alimentação passa a ser prioridade pela população, fazendo com que haja uma modificação nos padrões alimentares que beneficiem à saúde e reduzam o risco de doenças. Assim, os alimentos funcionais passam a ser uma estratégia para deter o avanço de DCNTs (SILVA *et al*, 2016).

Um alimento é dito funcional se, além de suas funções básicas nutricionais, conferir benefícios à saúde quando consumido em uma dieta regular. A definição atual do *Functional Food Center* diz que alimentos funcionais são:

Alimentos naturais ou transformados que contenham compostos biologicamente ativos conhecidos ou desconhecidos, que em quantidades não tóxicas definidas e eficazes, proporcionem benefícios clinicamente comprovados e fortemente documentado para prevenção, tratamento de doenças crônicas (REYNOLDS; MARTIROSYAN, 2016).

A origem do termo “alimentos funcionais” veio do Japão, na década de 1980, cuja alimentação está fortemente atrelada à cultura. O governo japonês, com o objetivo de reduzir os recursos financeiros gastos com saúde pública e conter os avanços das doenças crônicas, apoiou pesquisas que mostravam o potencial de alguns alimentos em influenciar funções fisiológicas humanas. Como consequência, o Ministério da Saúde e Bem-estar japonês determinou uma categoria de alimentos para uso dietético especial, no qual seu consumo estava associado a efeitos benéficos a saúde, denominados *Foods for Specified Health Use* (FOSHU) (COSTA *et al*, 2016).

No mesmo período, o *Food and Drug Administration* (FDA), dos Estados Unidos, permitiu que alimentos alegassem reduzir o risco de doenças, contanto que fosse comprovado e aceito

por especialistas em nutrição. Esta questão também foi tratada na Comunidade Europeia pela *The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe* (FUFOSE), sob a coordenação do *International Life Sciences Institute* (ILSI) com o objetivo de determinar uma abordagem científica aos conceitos relacionados aos alimentos funcionais (COSTA *et al.*, 2016).

Por volta de 1990, fabricantes brasileiros de produtos alimentícios despertaram interesse por alimentos que conferissem funcionalidade além da nutrição, seguindo a tendência do mercado mundial. Em 1998, com a ajuda de instituições e pesquisadores das áreas de nutrição, toxicologia, tecnologia de alimentos e outras, que é apresentada a primeira proposta de regulamentação desses novos produtos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão do Ministério da Saúde responsável pela regulamentação e controle dos alimentos. Também foi criada a Comissão Técnico-Científica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos (CTCAF) com o objetivo de auxiliar a ANVISA em assuntos científicos relacionados à área de alimentos com alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde (COSTA *et al.*, 2016).

No Ministério da Saúde não existe uma categoria específica para esse grupo de alimentos. A legislação brasileira vigente, aprovada pela ANVISA, não define a expressão “alimentos funcionais”, mas sim a alegação de propriedade funcional e de saúde:

Aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo e alegação de propriedade de saúde aquela que sugere, afirma ou implica a existência de relação entre alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada a saúde (Resolução n.18, de 30 de abril de 1999).

Assim, os alimentos que possuírem alegação funcional só podem ser disponibilizados no mercado brasileiro para consumo se forem avaliados pela Gerência Geral de Alimentos (GGALI) da ANVISA e comprovada a sua segurança de uso e eficácia. As alegações podem ser informadas em rótulos e propagandas de produtos elaborados para comercialização e oferta ao consumidor (SILVA *et al.*, 2016).

As resoluções que regulamentam os alimentos funcionais de acordo com o Ministério da Saúde e ANVISA são:

- a) Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999, estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos (BRASIL, 1999c);
- b) Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999, regulamenta procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde em sua rotulagem (BRASIL, 1999d);
- c) Resolução n. 2, de 07 de janeiro de 2002, aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e/ou de saúde (BRASIL, 2002).

A lista das alegações de propriedade funcional ou de saúde, atualizada pela ANVISA em março de 2016, apresenta os ingredientes funcionais aprovados. A Tabela 1 mostra quais são esses ingredientes.

Tabela 1: Alegações de propriedades funcionais e ou de saúde aprovadas pela ANVISA.

Classe	Ingredientes Funcionais	Alegações*
Ácidos Graxos	EPA e DHA (família ômega 3)	Auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos
Carotenóides	Licopeno, Luteína, Zeaxantina	Ação antioxidante que protege as células contra radicais livres
Fibras Alimentares	Beta- glucana, Dextrina Resistente, Goma Guar parcialmente hidrolizada, Lactulose, Polidextrose Beta-glucana, Fitoesteróis Psillium, Quitosana Frutoligossacarídeos, Inulina (Prebióticos)	Auxiliam o funcionamento do intestino Auxiliam na redução da absorção de colesterol Auxiliam na redução da absorção de gordura Contribuem para o equilíbrio da flora intestinal
Polióis	Manitol, Xilitol, Sorbitol	Não produzem ácidos que danificam os dentes
Probióticos		A alegação de propriedade funcional ou de saúde deve ser proposta pela empresa e será avaliada, caso a caso, com base nas definições e princípios estabelecidos na Resolução n. 18/1999
Proteína de Soja		O consumo diário de no mínimo 25 g pode ajudar a reduzir o colesterol

(Fonte: Adaptado de Brasil, 2016; SILVA *et al*, 2016)

*Desde que associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis.

Contudo, dentro dos alimentos funcionais destacam-se os probióticos, prebióticos e simbióticos. Os probióticos são micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades apropriadas, conferem benefício à saúde do hospedeiro, por melhorar o equilíbrio da microbiota intestinal. As bactérias consideradas probióticas são as ácido-láticas, as mais utilizadas pertencem ao grupo dos lactobacilos e bifidobactérias. Os prebióticos são compostos não digeríveis por enzimas, sais e ácidos produzidos pelo organismo, que afetam de maneira benéfica o hospedeiro por estimularem o crescimento de bactérias do cólon (maior porção do intestino grosso). Esses compostos estão presentes nos ingredientes da dieta ou são adicionados a ela por meio de fontes exógenas concentradas. Já os simbióticos são o resultado da combinação de alimentos prebióticos e probióticos que elevam a viabilidade das células microbianas no trato gastrointestinal (AZEVEDO *et al.*, 2016; MELO *et al.*, 2016).

2.2 PREBIÓTICO

Em meados de 1885, a fibra alimentar começou a ser estudada, sendo considerada apenas um componente alimentar sem valor nutritivo que favorecia o peristaltismo no trato digestivo de humanos, aumentando o bolo fecal. Desde então, diversos conceitos foram criados até que, em 2008, o *Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* (CCNFSDU) coordenou as discussões para definição de Fibra Alimentar na 30^a reunião do CCNFSDU, onde então foi acordada a seguinte definição para FA:

Fibra alimentar é constituída de polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas no intestino delgado e que podem pertencer a três categorias:

- Polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos;
- Polímeros de carboidratos obtidos de material cru por meio físico, químico ou enzimático e que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana, de acordo com evidências científicas propostas e aceitas por autoridades competentes;

- Polímeros de carboidratos sintéticos que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana, de acordo com evidências científicas propostas e aceitas por autoridades competentes (GOULART *et al.*, 2016; CODEX ALIMENTARIUS, 2008).

Então, as fibras são macromoléculas com estrutura bifásica formada por um conjunto altamente heterogêneo, sendo originada principalmente da parede celular dos vegetais. Consistem de uma mistura complexa de polímeros de carboidratos (polissacarídeos não amiláceos e oligossacarídeos) associados com outros componentes, gerando compostos resistentes à digestão enzimática no trato gastrointestinal de humanos e animais, e como resultado, chegam até o cólon intactos, servindo como substrato para fermentação bacteriana (GOULART *et al.*, 2016).

A classificação das fibras alimentares, como fibra solúvel e fibra insolúvel, está relacionada ao seu efeito fisiológico e solubilidade em água. Em geral, as plantas contêm uma mistura dos dois tipos de fibras. A fibra insolúvel é constituída por celulose, hemicelulose insolúvel e lignina; e tem como particularidade aumentar o bolo alimentar, diluindo os nutrientes e acelerando o trânsito gastrintestinal (exemplos de alimentos: cereais, pão integral, arroz integral, entre outros). A fibra solúvel é formada por pectinas, gomas, mucilagens, β -glicanos e frutanos (frutoligoossacarídeos e inulina); tem como característica positiva regular a digestão e absorção intestinal na dieta de animais, retardando o esvaziamento gástrico e a absorção de glicose, além de reduzir o colesterol no sangue de monogástricos (exemplos de alimentos: aveia, cevada, frutas, verduras, entre outros) (GOULART *et al.*, 2016).

Assim, algumas fibras alimentares recebem o nome de prebióticos e sua atividade bifidogênica foi inicialmente reportada por japoneses a mais de 30 anos. Em 1995, Gibson e Robertfroid postularam o conceito como aqueles ingredientes não digeríveis que promovem de maneira seletiva o crescimento e atividade de um número limitado de espécies bacterianas benéficas à saúde. Além de garantir a saúde do intestino, os prebióticos são importantes, pois produzem biomassa bacteriana aumentando o número de defecações, função similar a das fibras (ROLIM, 2015; VALCHEVA *et al.*, 2016).

Posteriormente, em 2007, Robertfroid reformulou a definição e postulou que “os ingredientes prebióticos são aqueles ingredientes que são seletivamente fermentados pela

microflora intestinal e que provocam mudanças específicas, tanto em sua composição como em sua atividade, com efeitos benéficos para a saúde do indivíduo". A atividade metabólica produzida pelos prebióticos geram modificações da microbiota do cólon, aumentando a população de espécies sacarolíticas (espécies capazes de fermentar os hidratos de carbono complexos) e redução de espécies patógenas (que causam doenças) (GUILLOT; MARTÍNEZ, 2016).

Em 2008, no “6th Meeting of the International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics” (ISAPP), a definição de “prebióticos alimentares” foi atualizada, dessa forma os prebióticos são “ingredientes seletivamente fermentados que resultam em mudanças específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal, conferindo assim benefícios na saúde do hospedeiro”. Com base na definição descrita, os prebióticos podem exercer benefícios não só no cólon, mas em outros locais, como a cavidade oral, trato urogenital e pele (VALCHEVA *et al.*, 2016).

As bactérias do intestino são distribuídas em três grupos: (1) Lactobacilos e Bifidobactérias; (2) Bactérias possivelmente patogênicas (como algumas espécies do gênero *Clostridia*); (3) Bactérias comensais (como *Bacteroides*, possuem características positivas e negativas). Uma microbiota intestinal que contem lactobacilos e bifidobactérias em grande quantidade é considerada boa para a saúde (SHOAIB *et al.*, 2016).

Os critérios para definir um prebiótico são: resistência à digestão no intestino delgado; hidrólise e fermentação pelas bactérias desejáveis no cólon; e estimulação seletiva do crescimento desta mesma microflora (ou efeito bifidogênico). Visto que, o mecanismo de atuação fisiológica dos prebióticos, assim como as demais fibras dietéticas, ocorre da seguinte maneira: são resistentes à digestão na parte superior do trato intestinal, sendo posteriormente fermentados no cólon (MICHELON *et al.*, 2014). Dessa forma, exercem o efeito de aumento de volume, em consequência do aumento de biomassa microbiana resultante da fermentação, o que aumenta a frequência de evacuações (FAI; PASTORE, 2016).

Os ingredientes com propriedades prebióticas, que habitualmente fazem parte da dieta humana, cuja incorporação em alimentos proporciona produtos estáveis durante o período de vida útil do alimento e apresentam as características descritas anteriormente são: Galactooligosacarídeos (GOS), Lactulosa, Frutooligossacarídeos (FOS) e inulina. Porém, outros prebióticos foram avaliados e, mesmo não cumprindo os critérios prescritos

anteriormente, não se pode negar a sua eficácia como, por exemplo, os glucooligossacarídeos, maltooligossacarídeos, xilooligossacarídeos e manooligossacarídeos (GUILLOT; MARTÍNEZ, 2016).

A inulina e os FOS são frações de fibras chamadas de frutanos, carboidratos contendo múltiplas unidades de frutose que podem ser obtidas de forma sintética, pela polimerização direta de alguns dissacarídeos. Os FOS são conhecidos como prebióticos por incentivarem o crescimento intestinal de probióticos, como por exemplo os *Acidophillus* e *Bifi duse Faecium*, promovendo estabilidade e elevando a proliferação dessas bactérias benéficas no trato digestivo, assim como a inibição das bactérias patogênicas, como a *Escherichia Coli* e *Clostridium perfrigen* (GOULART et al, 2016).

Os GOS são prebióticos formados por oligossacarídeos, que são açúcares encontrados em produtos naturais como vegetais, leite e mel (JOVANOVIC-MALINOVSKA et al, 2015). A produção deste prebiótico ocorre a partir de soluções com altas concentrações de lactose. Outro tipo de oligossacarídeo não digerível que também pode ser formado a partir da lactose por síntese química é a lactulose, um dissacarídeo composto por uma molécula de galactose e outra de frutose. Os benefícios da ingestão de GOS são o aumento da população de bifidobactérias no cólon e por efeito antagônico, supressão da atividade de bactérias putrefatativas reduzindo a formação de metabólitos tóxicos (FAI; PASTORE, 2016).

A principal característica do prebiótico é modular ou modificar a microbiota intestinal após ser fermentado por bactérias do cólon e provocar a liberação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Os ácidos produzidos são: ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico. Assim, os AGCC totais diminuem o pH, causando a diminuição da biodisponibilidade de compostos alcalinos citotóxicos, produção de vitaminas do complexo B, aumento da absorção mineral (como cálcio e magnésio) e melhora da resposta imune. (GUILLOT; MARTÍNEZ, 2016; ROLIM, 2016).

Além desses efeitos benéficos, uma pesquisa realizada para avaliar o efeito de prebióticos em pacientes com câncer hematológico, submetidos à quimioterapia, mostrou que o grupo, que recebeu a suplementação, apresentou aumento significativo na quantidade de bifidobactérias, ocasionando a redução de processos inflamatórios. Logo, os efeitos prebióticos

relacionados ao aumento do número de bifidobactérias levam a estimulação do sistema imune e inibição do câncer (ROLIM, 2016).

Para garantir um efeito contínuo, os prebióticos devem ser ingeridos diariamente. A fim de estimular a multiplicação de bifidobactérias no cólon, doses diárias de 4 a 5 g de inulina e/ou oligofrutose são eficientes (ZACARCHENCO *et al*, 2013)

Os oligossacarídeos prébióticos podem ser fabricados por três métodos diferentes: isolamento dos mesmos em vegetais, produção microbiológica ou síntese enzimática e degradação enzimática de polissacarídeos. Podem ser naturalmente encontrados em diversos alimentos como chicória, tomate e trigo, além de ser um componente natural do leite materno (AL-SHERAJI *et al*, 2013).

De acordo com Zacarchenco *et al* (2013), a maior parte dos dados da literatura científica sobre efeitos prebióticos relaciona-se aos FOS e a inulina. São utilizados em iogurtes, formulações de sorvetes, sobremesas lácteas, manteiga, queijos frescos, cremosos e processados, entre outros produtos.

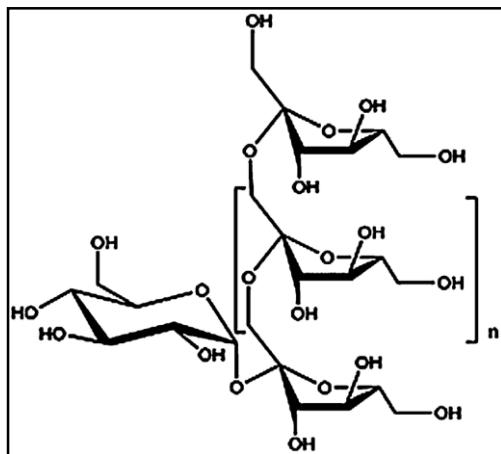
2.3 INULINA

No início do ano de 1800, o cientista alemão chamado Valentine Rose descobriu a inulina das raízes de *Elecampane* (*Inula helenium*) e mais tarde foi nomeada inulina por Thomson em 1817. Cristais de inulina também foram encontrados em dália, alcachofra de Jerusalém e *Elecampane* por Julius Sachs em 1864. As fontes naturais de inulina são as raízes de chicória, alcachofra, dália, yacon, espargos, alho-porro, cebola, banana, trigo e alho (SHOAIB *et al*, 2016).

A estrutura química da inulina (Figura 1), dependendo do comprimento de sua cadeia, pode ser classificada como oligo ou polissacarídeo, pertencente à classe de carboidratos denominada frutanos. É constituída por subgrupos de β -D-fructosil ligados entre si por ligações glicosídicas (2→1), formando uma cadeia de moléculas de frutose com uma molécula de glicose terminal (MENSINK *et al*, 2016). Seu grau de polimerização varia de 2 a 60, por esse motivo existem vários tipos de inulina na natureza com diferentes pesos moleculares (SHOAIB

et al, 2016). As ligações β ($2\rightarrow1$) entre os monômeros de frutose não são digeridas pelas enzimas intestinais humanas. Por isso, a inulina apresenta importantes aplicações em alimentos funcionais (YANG, 2015).

Figura 1: Estrutura química da inulina.



(Fonte: SHOAIB *et al*, 2016).

Quando ingerida por via oral, a inulina passa pela boca, estômago e intestino delgado sem ser metabolizada, até entrar no intestino grosso onde é fermentada pela microflora do colôn. Assim, o consumo de inulina não tem influência nos níveis de açúcar no sangue e na estimulação da secreção de insulina (YANG, 2015). Segundo Karimi *et al*, (2015) a inulina consiste na fibra solúvel e fermentável mais conhecida (KARIMI *et al*, 2015). Sua utilização em produtos com baixa caloria e teor de gordura reduzido já era bastante difundida em países da Europa, nos Estados Unidos e no Canadá (TONELI *et al*, 2008).

O processo de produção de inulina inclui três etapas principais: pré-tratamento, extração e purificação. Os tubérculos mais utilizados em escala industrial para a produção de inulina são a alcachofra de Jerusalém e a chicória. A extração de inulina da alcachofra de Jerusalém pode ser realizada pelos processos similares à extração do açúcar da cana-de-açúcar. Assim, os tubérculos são inicialmente fatiados e moídos em pequenas partículas. Geralmente, a extração é realizada em água quente. Após a separação dos resíduos sólidos, a solução de inulina e água é purificada por técnicas de branqueamento, adsorção em carbono ativado ou

permute iônica. A inulina purificada em água é então concentrada e seca, resultando em um pó branco. Apesar do processo de produção de inulina não ser complicado, é ainda difícil obter inulina com boa qualidade e elevado rendimento. Deste modo, os esforços envidados para aumentar a viabilidade econômica da produção de inulina são brevemente revistos (YANG, 2015).

A inulina em pó, obtida a partir da chicória, apresenta as seguintes características: partículas brancas, finas, claras, inodoras, sabor neutro e alta pureza. O sabor neutro da inulina não causa sabor residual, porém quando comparada à sacarose observa-se um nível de doçura de cerca de 10%. A inulina de chicória é moderadamente dissolvida em água (aproximadamente 10% a 25 °C), o que permite sua adição em meio aquoso sem qualquer precipitação (recomenda-se o uso de água aquecida entre 50-100 °C para fazer a solução de inulina). As soluções de inulina, obtida a partir da chicória, possuem viscosidade relativamente baixa (por exemplo, para solução a 5%, 1,65 mPa.s a 10 °C e para solução a 30%, 100 mPa.s). Os pontos de congelamento e de ebulação da água são pouco afetados pela inulina (por exemplo, 15% de inulina de chicória reduz o ponto de congelação em 0,5 °C). Os parâmetros críticos para a hidrólise da inulina são ambientes com baixo pH, pois as ligações β-(2-1) entre as unidades de frutose podem ser parcialmente hidrolisadas em ambientes altamente ácidos (SHOAIB *et al*, 2016).

A empresa Orafti, em 1992, descobriu e patenteou a inulina como um substituto da gordura. Em altas concentrações, a inulina tem propriedade de formar géis quando misturada à água ou leite, originando uma estrutura cremosa que pode ser incorporada em alimentos para substituir até 100% da gordura. O gel formado demonstra sensação táctil oral homogênea, típica da presença de gordura, aspecto brilhante e liberação equilibrada de compostos de sabor na boca. Isto ocorre, pois a inulina na forma de microcristais quando misturada à água ou leite não é percebida na boca, mas interage para formar uma textura cremosa que promove a sensação de gordura. Em produtos lácteos com baixo teor de gordura, como queijos frescos, cremosos ou processados, a adição de pequenas quantidades de inulina resulta em textura mais cremosa e sabor mais balanceado (ZACARCHENCO *et al*, 2013).

Os benefícios nutricionais e de saúde que a inulina proporciona são: funciona como fibra dietética; baixo valor calórico (1,5 kcal/g); efeito no metabolismo de lipídios (diminui

trigliceridemia e a colesterolemia); alívio da constipação; aumento do volume fecal; efeito bifidogênico; reduz o risco de doenças gastro intestinais; aumenta a absorção de cálcio, magnésio e ferro; regula o apetite e ingestão de alimentos; estimula o sistema imune; e possui aceitabilidade intestinal (SHOAIB *et al*, 2016).

A fermentação anaeróbica da inulina pela microbiota intestinal produz ácidos graxos de cadeia curta e gases, tendo como produto principal o butirato. (KARIMI *et al*, 2016). Dessa forma, a inulina estimula o desenvolvimento e a ação metabólica de um número limitado de bactérias, especificamente bifidobactérias e lactobacilos, no cólon. Isto é referido como um efeito prebiótico ou bifidogênico. Assim, verificam-se positivas modificações na composição da microbiota fecal, com aumento do efeito das bifidobactérias (SHOAIB *et al*, 2016).

A partir de estudos realizados em pacientes com câncer de cólon verificou-se que uma dieta simbiótica, usando inulina, bifidobactérias e lactobacilos, resultou em um aumento da microbiota fecal, com bífido e lactobacilos, e um decréscimo de *Clostridium perfringen* (ROLIM, 2016).

Desconforto intestinal é o principal efeito adverso associado à ingestão de inulina, devido à produção de gases originado da fermentação desses carboidratos pela microbiota intestinal em condições anaeróbias (PIMENTEL *et al*, 2012).

No Brasil, a ANVISA normatiza a quantidade de prebióticos que um produto deve conter para poder acrescentar em seu rótulo a alegação de propriedade funcional, como comentado em tópico anterior. A lista das alegações de propriedade funcional ou de saúde, atualizada pela ANVISA em março de 2016 especifica que apenas os alimentos cuja porção diária forneça no mínimo 2,5 g de inulina podem apresentar a alegação de “contribuir para o equilíbrio da flora intestinal”, não podendo ultrapassar 30 g de inulina na recomendação diária do produto pronto para consumo (BRASIL, 2016).

A inulina pode ser empregada em laticínios (iogurtes, produtos a base de queijo, sobremesas lácteas e sorvetes), em produtos de panificação e confeitoraria (pães e biscoitos), bebidas e cereais matinais, molhos e bebidas congeladas. A incorporação de inulina em diferentes produtos melhorou a firmeza, como resultado do aumento da atividade microbiana causada pelas relações metabólicas entre as bactérias ácido-láticas e a metabolização parcial da inulina (KARIMI *et al*, 2016).

A adição de inulina em produtos lácteos vem despertando interesse no meio científico e diversos trabalhos vem sendo publicados. Na avaliação sensorial do queijo ultrafiltrado com adição de inulina (1,5%) foi observada uma melhora na cremosidade e a obtenção de uma sensação bucal semelhante à gordura (KARIMI *et al.*, 2016).

De acordo com o estudo realizado por Flimelová *et al.* (2013), em queijos frescos contendo *Lactobacillus acidophilus* e inulina (1%), observou-se que houve uma uniformidade na cor, textura e grãos, com alterações mínimas durante todo o período de armazenamento, e diferenças perceptivelmente positivas foram reportadas no cheiro e sabor em todas as amostras nos 10 dias de armazenamento.

A composição química do queijo fresco, após a adição de *Saccharomyces boulardii* e inulina, não foi alterada, porém houve melhora nas propriedades organolépticas do queijo incluindo cor, odor, sabor e aceitabilidade geral, tornando-o mais aceitável para os consumidores (ZAMORA-VEGA *et al.* 2013).

Os fatores mais importantes que afetam a qualidade final dos diferentes tipos de queijos contendo inulina, dependendo do comprimento da molécula da inulina, são: concentração de inulina e temperaturas de preparação. A aplicação de inulina no queijo é de grande interesse no desenvolvimento de queijo prebiótico e simbiótico para maximizar os benefícios nutricionais e as características sensoriais atendendo às demandas dos consumidores (KARIMI *et al.*, 2016).

Pesquisa realizada à base de dados de Patentes, do escritório europeu *European Patent Office* (EPO) – *Espacenet*, que abrange patentes depositadas e publicadas em mais de 90 países, incluindo o Brasil, através do *Latipat* que trata das patentes da América Latina, mostrou que não foram encontrados registros sobre queijos prebióticos. Porém, foi encontrada uma patente sobre queijo simbiótico, intitulada “Processo para obtenção de queijo tipo Chevrotin simbiótico produzido com leite bovino, de cabra e/ou híbrido”, este trabalho mostra o processo para produção de queijo do tipo Chevrotin utilizando leite de vaca ou leite de cabra e/ou a mistura de ambos, há uma combinação simbiótica de prebiótico (inulina de agave) e probiótico (*Bifidobacterium lactis*) (MOURA *et al.*, 2016). Outra consulta realizada na mesma plataforma, *Espacenet*, para o termo “derivados de leite” foi encontrado um trabalho intitulado “frozen de iogurte caprino simbiótico” que refere-se a um frozen de iogurte caprino simbiótico utilizando bactérias láticas probióticas (*lactobacillus acidophilus* e *bifidobacterium lactis*) e ingredientes

prebióticos (mel e inulina) (ILSA *et al*, 2016). Até o momento ainda não foram encontradas publicações sobre a adição da inulina no queijo de coalho, produto típico do nordeste brasileiro.

2.4 QUEIJO

O queijo surgiu há milhares de anos no Oriente Médio, a cerca de 8.000 anos durante a chamada revolução agrícola, ocorrida com a domesticação de plantas e animais. É um produto obtido a partir do leite, que constitui uma boa fonte de nutrientes para bactérias contaminantes, algumas delas, como as bactérias láticas, utilizam o seu açúcar (lactose) como fonte de energia produzindo ácido láctico. Quando uma quantidade suficiente de ácido é produzida, a principal proteína do leite (caseína) coagula no seu ponto isoelétrico (pH 4,6), originando um gel composto pela gordura e fase aquosa. Assim, a teoria mais provável para o surgimento do queijo coincide com o período de domesticação de animais, quando pastores observavam que, accidentalmente, o leite acidificava e separava-se em massa e soro. E essa massa possuía estabilidade ao armazenamento quando era desidratada e salgada. Em outra teoria relata-se que a estocagem de leite era realizada em bolsas feitas de peles ou estômagos de animais, e ao ser estocado, o leite entraria em contato com enzimas coagulantes do tecido animal e se coagularia, liberando o soro (PAULA *et al*, 2009; ESKIN; SHAHIDI, 2015).

Assim, a fabricação do queijo foi acompanhando o desenvolvimento da civilização, sendo levada para a Europa no período do Império Romano. Como eram comunidades autossuficientes e realizavam poucas viagens, consequentemente havia pouca troca de informações, o que explica a existência de centenas de variedades de queijos com características diferentes, obtidos da mesma matéria-prima. Essa produção local de alguns tipos de queijo ainda é preservada. Todos os tipos de queijos podem ser classificados em três grupos (com base no método de coagulação): coagulação enzimática (que representa 75% do total de queijos produzidos), coagulação ácida ou lática do leite e a coagulação pela combinação de aquecimento com a adição de ácido ou sal (PAULA *et al*, 2009; ESKIN; SHAHIDI, 2015).

A produção de queijo é basicamente um processo de concentração do leite. O leite é considerado um dos alimentos mais completos, pois possui elevado valor biológico na alimentação humana. Embora o leite se apresente como um líquido homogêneo, os principais

constituíntes encontram-se em equilíbrio de três formas distintas, os minerais e algumas proteínas estão dissolvidas no soro aquoso, ao passo que a caseína (proteína majoritária do leite) distribui-se nele na forma de suspensão coloidal, junto com a emulsão formada pela gordura. Assim, na produção de queijo parte dos componentes sólidos (principalmente proteína e gordura), são concentrados na coalhada, enquanto que as proteínas do soro, lactose e sólidos solúveis formam o soro. O rendimento da fabricação e a composição centesimal do queijo são determinados pelas propriedades do leite, especialmente pela composição e pelas etapas do processo de fabricação (PAULA *et al.*, 2009; CRUZ *et al.*, 2016). A composição do leite integral de acordo com os estudos de Zhang *et al.* (2014) pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2: Composição quantitativa do leite (% em massa)

Produto	Água	Gordura	Proteínas	Lactose	Minerais	Sólidos Totais
Leite Integral	87,0	4,0	3,4	4,8	0,8	13,0

(Fonte: ZHANG *et al.*, 2014).

O soro de leite obtido durante a fabricação convencional de queijos representa a porção aquosa que se separa da massa, e retém em média 55% dos nutrientes do leite. O volume de soro obtido durante a fabricação do leite é cerca de 90% do volume de leite, assim para produzir 1 kg de queijo são gerados cerca de 9 litros de leite (ALVES *et al.*, 2014). A composição do soro de leite fresco (Tabela 3) liberado do coágulo na fabricação de queijos foi descrita por Olivera *et al.* (2012).

Tabela 3: Composição quantitativa do soro de leite (% em massa)

Produto	Água	Gordura	Proteínas	Lactose	Minerais
Soro de Leite fresco	94,25	0,1	0,8	4,3	0,55

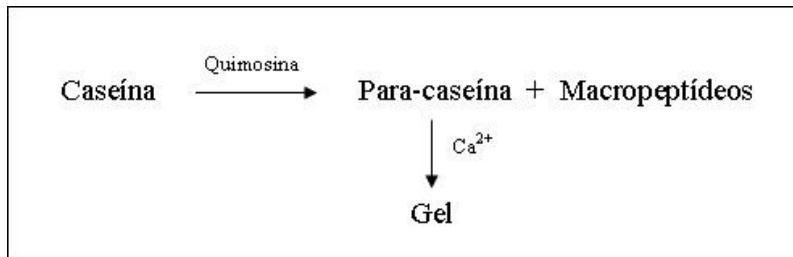
(Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O mecanismo básico na fabricação de queijos é induzir uma reação de coagulação do leite, envolvendo a proteína caseína. Em muitos tipos de queijo, a coagulação do leite acontece por um método enzimático, isto é, pela adição de renina (coalho). Durante alguns anos a quimosina ou renina eram extraídas do revestimento do estômago de bezerros jovens. Atualmente, quimosina é produzida por métodos de fermentação que utilizam micro-organismos geneticamente modificados (ESKIN; SHAHIDI, 2015).

As caseínas (80% da proteína do leite) ocorrem no leite na forma de agregados supramoleculares coloidais chamados de micelas. A micela da caseína é formada por milhares de moléculas individuais de caseína organizadas em torno de nanodomínios de fosfato de cálcio inorgânico. Essas milhares de moléculas individuais de caseína são as alfa s1-, alfa s2-, beta- e kappa-caseína. As caseínas sensíveis ao cálcio, alfa s1-, alfa s2-, beta-caseína, se agregam no interior da micela, enquanto que a kappa-caseína, insensível ao cálcio, permanecem na superfície da micela. Assim, a kappa-caseína representa a estabilidade do sistema coloidal no leite, pois impede que as micelas se agreguem na presença de íons de cálcio. Essa molécula é carregada negativamente e possui extremidades C-terminal flexível formando uma camada hidratada que fornece estabilidade eletrostática à micela (ESKIN; SHAHIDI, 2015).

Quando a enzima (quimosina) é adicionada ao leite inicia-se a coagulação. O leite coagula de modo abrupto e transforma-se em um gel tridimensional. A primeira fase é proteolítica, na qual a enzima hidrolisa a extremidade C-terminal da kappa-caseína. O peptídeo hidrofílico, nomeado de caseinomacropéptídeo (CMP), se difunde para fora da micela (para-caseína) para a solução aquosa (soro). A perda da camada que possui a extremidade C-terminal da kappa-caseína deixa a micela instável, e então tem início a segunda fase da coagulação, isto é, a agregação das micelas de para-kappa-caseína formando o gel tridimensional. Dessa forma, forma-se o coágulo de caseína. Em seguida, o gel recém-formado vai se tornando mais firme e começa a liberar o soro (ESKIN; SHAHIDI, 2015). Observa-se então que o coágulo formado pela aglomeração das micelas de caseína durante a manufatura do queijo retém a maior parte do total de proteínas do leite (FENNEMA *et al.*, 2010). Essa reação de coagulação está representada na Figura 2.

Figura 2: Reação de coagulação enzimática.

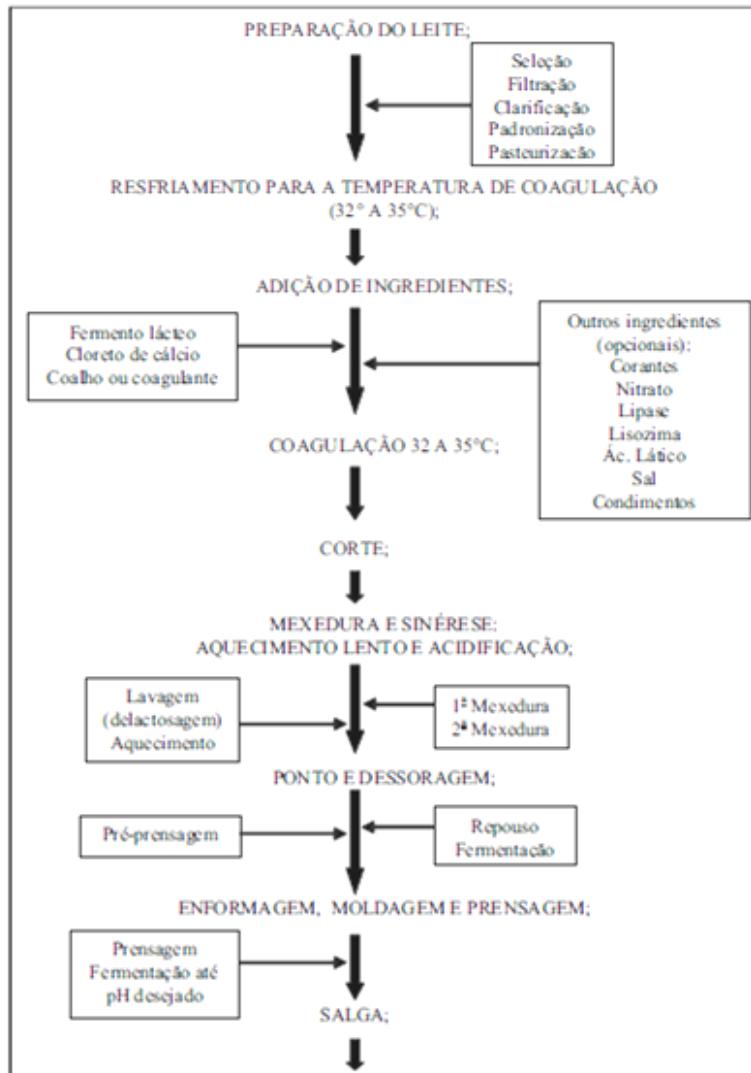


(Fonte: Adaptado de FOX; MCSWEENEY, 2003).

A produção da maioria dos queijos divide-se em duas fases distintas: fabricação e maturação. A fabricação de coalhada de queijo fresco geralmente leva cerca de cinco a vinte e quatro horas. A maturação é uma etapa realizada para desenvolver o sabor e a textura característica do tipo de queijo fabricado. Assim, nessa etapa o queijo é mantido sob determinadas condições de temperatura e umidade, enquanto ocorrem modificações microbiológicas, bioquímicas, físicas e químicas (PAULA *et al*, 2009).

As etapas básicas de fabricação de queijo coagulado são apresentadas por Paula *et al*, (2009) em seu estudo como mostra a Figura 3.

Figura 3: Etapas básicas de fabricação de queijo.



(Fonte: PAULA *et al.*, 2009).

As principais etapas de conversão do leite em queijo são: coagulação, dessoramento do grão (sinérese), enformagem e salga. A primeira etapa consiste na preparação do leite, e o mesmo deve ser de qualidade, sem antibióticos e micro-organismos indesejados. Para tanto se realiza a pasteurização, com objetivo de eliminar as bactérias patogênicas e diminuir o número de bactérias deterioradoras do leite. Esse tratamento térmico modifica a microbiota do queijo facilitando a fabricação com maior uniformidade, porém prejudica a aptidão do leite para a coagulação, pois insolubiliza parte do cálcio solúvel. Assim, é adicionado cloreto de cálcio (0,02%) no leite pasteurizado para repor o cálcio insolubilizado, aumentando a firmeza da

coalhada e reduzindo o tempo de coagulação. A composição do leite para a fabricação de queijos é importante, pois garante a uniformidade do produto final. Dessa forma, a padronização do leite pode ser realizada com a utilização de centrífugas desnatadeiras padronizadoras ou pela mistura de leite integral com leite desnatado ou creme na proporção necessária para obtenção de uma relação caseína/gordura desejada (PAULA *et al.*, 2009).

Em seguida, o coagulante é adicionado ao leite geralmente a 32-35 °C em uma quantidade que garanta a coagulação em 30 a 40 minutos. O corte do coágulo deve ser realizado no momento adequado (ponto de corte), pois se realizado antes do tempo apropriado, o rendimento do queijo será menor, devido às perdas de proteína e gordura e, se realizado após o ponto ideal, o coágulo estará muito rígido e dessa forma a dessoragem torna-se mais difícil, resultando em queijos com variações de umidade. Essa etapa tem como objetivo aumentar a área superficial das partículas de massa, o que por sua vez permite a expulsão do soro e aquecimento mais uniforme de todas as partículas de massa no tanque. Quanto menor o tamanho das partículas maior será a sinérese e, consequentemente, menor a umidade do queijo. Por essa razão que ao se produzir queijos moles e mais úmidos, o coágulo é cortado em partículas (grãos) maiores (1 a 2 cm³). As partículas devem ser cortadas de forma uniforme, a fim de evitar defeitos no queijo final (FRACASSO; PFÜLLER, 2014).

Depois de realizado o corte, aparecem duas fases: a massa e o soro. Então, inicia-se a eliminação do soro. Para que os grãos da massa não precipitem de forma compacta, o que dificulta a dessoragem, realiza-se a agitação dos grãos. No início a agitação deve ser lenta devido à fragilidade dos grãos e, em seguida, intensificada à medida que os grãos ficaram mais firmes, o que facilita a expulsão do soro. Ao atingir o ponto de massa, essa é separada do soro por drenagem. Independentemente do processo de fabricação, o soro deve ser retirado rapidamente para evitar a acidez da massa, que tende a aumentar rapidamente enquanto se encontra submersa no soro (FRACASSO; PFÜLLER, 2014).

A massa, já sem o soro, pode ser colocada em fôrmas para moldagem para unir os grãos e eliminar o restante de soro, de forma a se obter o bloco de queijo final. Esta etapa determina a completa separação do soro da massa, tornado-a resistente, com forma definida e bom aspecto comercial.

Por fim, existem vários métodos para realizar a salga dos queijos. Os mais utilizados são: salmouras, a salga na massa e a salga a seco. Os dois últimos são utilizados em poucas

variedades de queijos, que muitas vezes podem ser opcionalmente salgados também em salmoura (FRACASSO; PFÜLLER, 2014).

De acordo com norma brasileira (Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos), o queijo é definido como:

Entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes.

Podem ser classificados de acordo com conteúdo de matéria gorda no extrato seco, em percentagem, como: extra gordo ou duplo creme (60%), gordos (45,0 e 59,9%), semigordo (25,0 e 44,9%), magros (10,0 e 24,9%) e desnatados (menos de 10,0%).

Assim como também são classificados de acordo com o conteúdo de umidade, em percentagem: queijo de baixa umidade (geralmente conhecidos como queijo de massa dura) (até 35,9%), queijos de média umidade (geralmente conhecidos como queijo de massa semidura) (36,0 - 45,9%), queijos de alta umidade (geralmente conhecido como de massa branda ou "macios") (46,0 - 54,9%) e queijos de muita alta umidade (geralmente conhecidos como de massa branda ou "mole") (não inferior a 55,0%).

Quando submetidos ou não a tratamento térmico logo após a fermentação, os queijos de muita alta umidade se classificam em: queijos de muita alta umidade tratados termicamente e queijos de muita alta umidade (BRASIL, 1996).

O queijo mais consumido no nordeste do Brasil, o queijo de coalho, apresenta de média a alta umidade e são obtidos por coagulação enzimática do leite de vaca (BRASIL, 2001).

2.5 QUEIJO DE COALHO

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho (Instrução Normativa nº 30, de 26/06/01 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) o queijo de coalho é definido como: “Queijo que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácteas selecionadas, e comercializado normalmente com até 10 (dez) dias de fabricação”.

A produção artesanal de queijos é tradicional no Brasil, na qual queijo de coalho e o queijo manteiga são os principais queijos fabricados artesanalmente no Nordeste, fazendo parte do hábito alimentar da população. Dos 2,2 milhões de pequenos e médios produtores de alimentos lácteos na região Nordeste, cerca de 85% trabalham com a produção de queijo coalho (EVANGELISTA-BARRETO *et al*, 2016). A sua produção representa um meio de subsistência para diversas famílias, de forma direta ou indireta, assumindo grande impacto econômico (ANDRADE, 2006).

As técnicas de produção do queijo de coalho provêm de tradições enraizadas e persistem em todas as regiões produtoras até o momento. No entanto, a falta de critérios de qualidade da matéria prima e das técnicas de processamento permite que produtos de baixa qualidade cheguem ao mercado, tanto do ponto de vista higiênico-sanitário quanto da falta de padronização (SOUZA *et al*, 2014).

O Regulamento (BRASIL, 2001) mencionado estabelece os padrões de identidade e os requisitos mínimos de qualidade que o queijo coalho deve cumprir para ser destinado ao consumo humano. Assim, 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 nos sólidos totais variável entre 35% e 60% (BRASIL, 2001).

Os ingredientes obrigatórios para produção deste queijo são o leite integral ou padronizado a 3% (m/m) em seu conteúdo de matéria gorda, coalho e outras enzimas coagulantes apropriadas. Os ingredientes opcionais são cloreto de cálcio, cultivo de bactérias lácteas selecionadas, sólidos de origem láctea, condimentos e especiarias, cloreto de sódio (BRASIL, 2001).

O queijo de coalho apresenta consistência semidura, elástica; textura compacta e macia, sem olhaduras ou aberta com olhaduras mecânicas. A cor é uniforme, branca amarelada, o sabor é brando, ligeiramente ácido e salgado, a casca fina, sem trinca e não muito bem definida. O formato e o peso são variáveis (BRASIL, 2001).

O processo de elaboração do queijo de coalho compreende a coagulação em torno de 40 minutos, corte e mexedura da massa, remoção parcial do soro, aquecimento da massa com água quente ou vapor indireto até obtenção de massa semi cozida (até 45 °C) ou cozida (entre 45 °C e 55 °C), adição de sal (cloreto de sódio) à massa, se for o caso, prensagem, secagem, embalagem e estocagem em temperatura média de 10 – 12 °C normalmente até 10 (dez) dias. Esse queijo poderá ser também elaborado a partir de massa crua (sem aquecimento) (BRASIL, 2001).

Mesmo o Regulamento (BRASIL, 2001) estabelecendo que o tempo de vida útil do queijo de coalho é normalmente até 10 dias, fica a critério de cada produtor definir o prazo de validade, de forma que garanta a integridade microbiológica e sensorial do produto. Os queijos de coalho produzidos industrialmente apresentam prazos de validade maiores que 30 dias (SILVA, 2013).

Os critérios microbiológicos estabelecidos para a comercialização do queijo de coalho devem estar de acordo com o Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Requisitos Microbiológicos de Queijos (Portaria nº 146/96). O mesmo não poderá conter impurezas ou substâncias estranhas de qualquer natureza micro e macroscopicamente (BRASIL, 2001).

Segundo Silva *et al.* (2012), no queijo de coalho, cru e artesanal, foram encontrados peptídeos antioxidantes que previnem os danos associados ao câncer, envelhecimento, ataques cardíacos, trombose, derrame e arteriosclerose. Também foram encontrados peptídeos com a função carreadora de zinco, que fazem com que a disponibilidade desse mineral no corpo seja aumentada, o que auxilia nas células de defesa do corpo. Esses peptídeos antioxidantes podem ser utilizados como componentes de novas medicações e na nutrição como um alimento funcional.

A adição de prebióticos em produtos lácteos para confecção de alimentos funcionais não é uma atividade nova. Porém é uma área que precisa ser explorada devido a grande variedade de laticínios que o Brasil produz. Assim, agregar valor ao queijo de Coalho, que tem uma grande importância socioeconômica e tecnologia por ser fonte de renda e trabalho de muitos

produtores rurais, significa movimentar o setor socioeconômico contribuindo para o desenvolvimento regional.

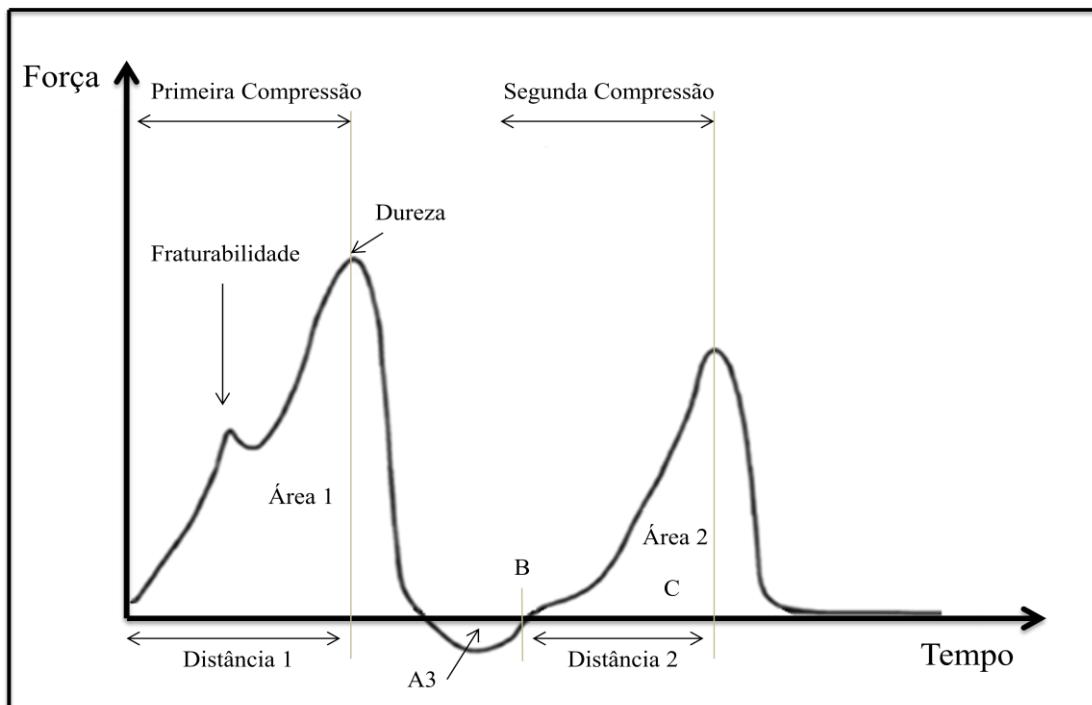
A inulina adicionada ao queijo de coalho fará com que o produto apresente características funcionais, contribuindo para a saúde da população.

2.6 PERFIL DE TEXTURA EM ALIMENTOS

A análise do perfil de textura (do inglês *Texture Profile Analysis - TPA*) é um método que avalia as propriedades mecânicas através de forças exercidas no alimento, como compressão, cisalhamento, corte e tensão. Com intuito de simular a ação dos dentes durante a mastigação (LI *et al*, 1998).

Essa análise instrumental gera uma curva típica para cada tipo de produto (Figura 4).

Figura 4: Representação gráfica geral da análise do perfil de textura.



(Fonte: Adaptado de HLEAP; VELASCO, 2010).

As Áreas 1 e 3 representam o primeiro ciclo de compressão. A área 2, representa o segundo ciclo de compressão, ou seja, representa dois movimentos da boca durante a mastigação do alimento. O movimento de compressão do alimento pelo probe é constituinte da curva da área 1, e o pico da curva indica a dureza (firmeza) do produto, isto é, o quanto o alimento pode ser comprimido. A área negativa do primeiro ciclo de compressão (A3) representa a força necessária para a retirada do probe do alimento, logo, sua adesividade. A área 2 descreve a compressão do segundo ciclo. O pico de força de compressão do segundo ciclo é menor que o do primeiro ciclo, pois à estrutura interna do produto foi rompida durante a primeira compressão. A relação área²/área¹ representa 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, isto é, sua elasticidade (BOURNE, 2002).

A definição de alguns parâmetros está descrita a seguir (HLEAP; VELASCO, 2010):

Fraturabilidade: o primeiro decrescimo significativo da curva durante o primeiro ciclo de compressão, produto de um alto grau de dureza e de baixo grau de coesão. Refere-se à dureza com que o alimento se desintegra. Ela é expressa em unidades de força - N.

Dureza: a força máxima que ocorre em qualquer tempo durante o primeiro ciclo de compressão. Refere-se à força necessária para comprimir um alimento entre os molares ou entre a língua e palato. Ela é expressa em unidades de força, N ou kgf.

Adesividade: É tomada como uma medida da aderência da amostra. Ela representa o trabalho necessário de compressão da amostra e o trabalho necessário para desgrudar o alimento de uma superfície (palato), medido em ($\text{kg m}^2 \text{ s}^2$).

A avaliação da textura constitui um atributo importante de qualidade, pois tem influência nos hábitos alimentares, na preferência do consumidor, afeta o processamento e o manuseio dos alimentos. Assim, uma medida precisa, consistente e objetiva da textura tem valor tanto na monitoração do desenvolvimento do produto, quanto na identificação de problemas de processamento, tais como a falta de uniformidade da textura (MACHADO; PEREIRA, 2010).

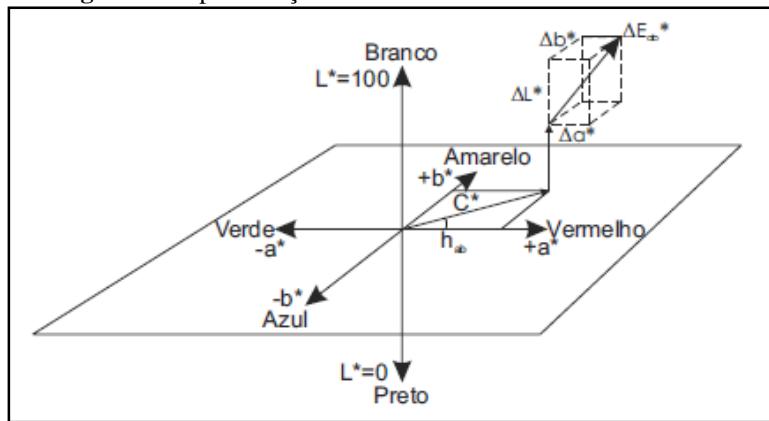
2.7 COLORIMETRIA EM ALIMENTOS

Na indústria de alimentos, as principais técnicas de medição de cor são: espectrofotometria e colorimetria. A técnica da colorimetria quantifica a cor medindo três componentes primários da luz vistos pelo olho humano: vermelho, verde e azul (também conhecido como “RGB” – red, green, blue). Essa técnica fornece a quantidade de cada um desses componentes presentes na luz refletida, materiais sólidos, ou transmitida, materiais transparentes, por um alimento (MINOLTA, 2017).

Um dos sistemas mais utilizados para medir essas cores é o sistema CIE L a* b* (CIELab) – modelo colorimétrico proposto pela Comissão Internacional de Iluminantes (do francês *Commission internationale de l'éclairage* – CIE). Esse sistema permite fazer a leitura da refletância a partir de coordenadas retangulares L*, a*, e b*, em que L* indica a luminosidade, a* intensidade de vermelho e verde e b* intensidade de amarelo e azul (SILVA *et al*, 2013).

O parâmetro L* é definido pela escala cinza, entre o branco e o preto, na qual o valor 0 indica o preto absoluto, e 100 o branco total. A tonalidade é expressa pelas cores primárias nas coordenadas do eixo horizontal vermelho-verde (+a*, -a*) e coordenada do eixo vertical amarelo-azul (+b*, -b*), como mostra a Figura 5 (BARROS *et al*, 2014).

Figura 5: Representação do sistema colorimétrico CIELab.



(Fonte: BARROS *et al*, 2014).

A cor, junto com outros dados laboratoriais de qualidade dos alimentos, torna-se importante para a avaliação física e pode ser usada para avaliar fatores como grau de maturação e deterioração de um alimento (MINOLTA, 2017).

2.8 SIMULAÇÃO DE PROCESSO COM SOFTWARE ASPEN-HYSYS

Na engenharia química o uso de modelagem e simulação de processos é bem reconhecido, pois são boas ferramentas para calcular modelos, ajudando a prever o comportamento do processo com precisão e baixo custo, sem colocar o verdadeiro processo (equipamentos) em risco. Os simuladores podem oferecer informações confiáveis sobre as operações do processo, pois contêm pacotes termodinâmicos abrangentes, grande biblioteca de componentes e métodos computacionais avançados (ZHANG *et al*, 2014).

O *Aspen HYSYS* tem sido cada vez mais utilizado para modelagem e simulação de diferentes processos industriais (MUNIR *et al*, 2012). Seu emprego na modelagem e simulação de processos envolvendo reagentes químicos está bem desenvolvido, pois existem dados suficientes de propriedades físicas e os modelos de previsão estão disponíveis. Porém, o oposto ocorre na sua aplicação em processamento de alimentos, devido à variedade de produtos alimentícios e à complexa estrutura física, química e biológica dos alimentos. Além disso, as propriedades dos alimentos mudam irreversivelmente durante o processo (TRYSTRAM, 2012). Por esse motivo nas bibliotecas de componentes de simuladores de processos há uma limitação de componentes alimentares, o que reduz a aplicação de simuladores na indústria de alimentos. Mesmo assim, o uso de simuladores para estudo do processo de alimentos é apropriado devido às vantagens tanto para operações unitárias como para gerenciamento de informações (ZHANG *et al*, 2014).

Dessa forma, a simulação do processo de produção do queijo de coalho com inulina tem como intuito prever o comportamento desse processo de forma próxima à sua operação real.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ELABORAÇÃO DO QUEIJO

O queijo de coalho padrão (QCP) e o queijo de coalho com inulina (QCI) foram desenvolvidos em uma fazenda localizada em Cachoeirinha-PE, com a qual foi realizada uma parceria para que as amostras pudessem ser produzidas em condições apropriadas, atendendo aos padrões de identidade e qualidade preconizada pela legislação vigente.

3.1.1 Matéria-prima

A lista dos componentes utilizados é apresentada a seguir:

- Leite integral não pasteurizado – comercialmente distribuído e fabricado pelo fornecedor;
- Coagulante Comercial (Marca: Ha-la);
- Cloreto de sódio;
- Inulina (marca: Clariant).

O certificado de garantia e qualidade da Inulina utilizada para elaboração das amostras encontra-se no Anexo I.

As quantidades utilizadas de cada componente para formulação de 1 kg de cada amostra de queijo de coalho encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Componentes e suas respectivas quantidades.

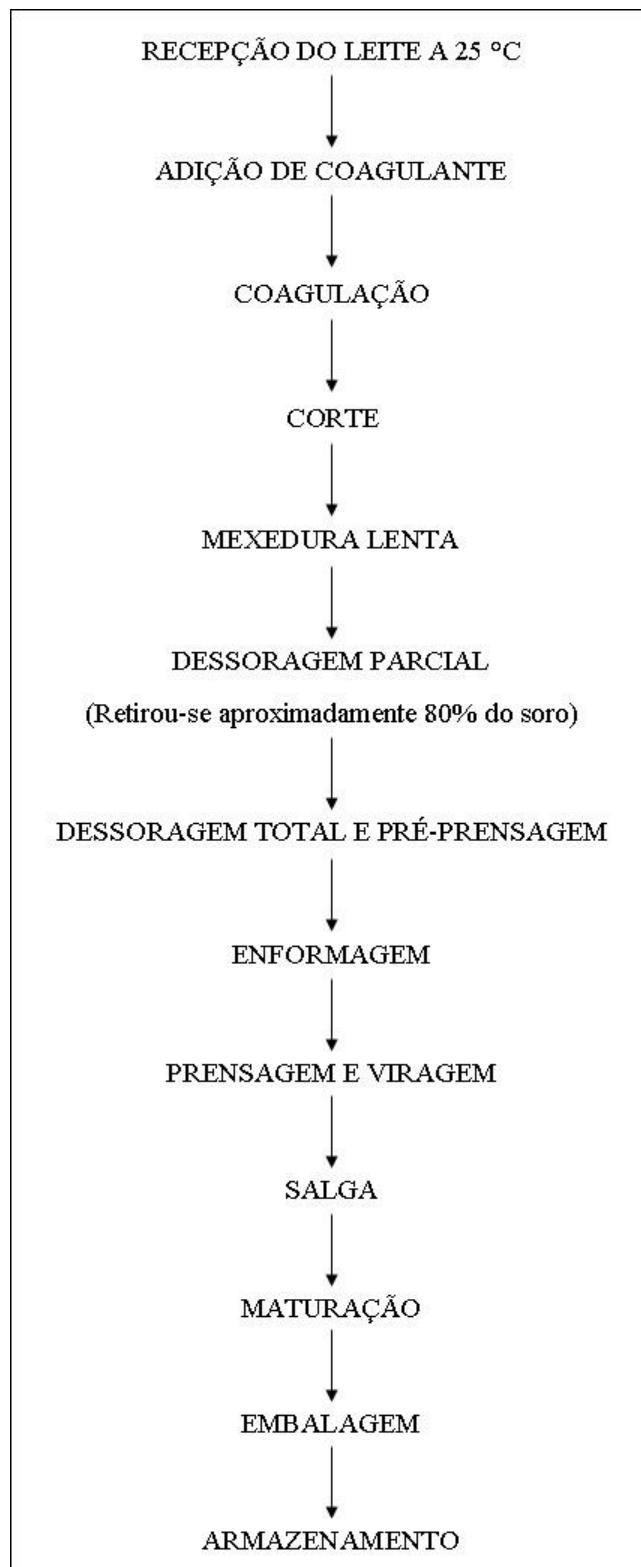
<i>Componentes</i>	<i>Queijo de Coalho Padrão</i>	<i>Queijo Coalho com Inulina</i>
Leite	10 L	10 L
Coagulante Comercial	7 mL	7 mL
Cloreto de Sódio	20 g	20 g
Inulina	-	150 g

(Fonte: O Autor)

3.1.2 Fluxograma de Produção

A Figura 6 apresenta as etapas de produção do queijo de coalho.

Figura 6: Etapas de produção do queijo de coalho.



(Fonte: Adaptado de Machado *et al*, 2011).

Para produção de 1 kg de queijo de coalho padrão, dez litros de leite foram transferidos para tanque de fabricação de queijos a temperatura ambiente (25 °C). Adicionou-se ao mesmo 7 mL de coagulante, dissolvido em 125 mL de água e deixou em repouso, durante 30 minutos para formação da coalhada. O corte desta foi realizado quando a mesma estava firme e brilhante (ponto de corte), rompendo com liras verticais e horizontais. Após essa etapa, a coalhada ficou em repouso durante 3 a 5 minutos. Posteriormente, foi realizada a mexedura manual (lentamente), aumentando aos poucos a velocidade, à medida que os grãos foram se aglomerando, por 20 minutos. Esse procedimento foi realizado para evitar que os grãos precipitassem ou fundissem, o que iria dificultar a retirada do soro (NASSU *et al*, 2006). Em seguida, foi efetuada a dessoragem (retirada do soro) parcial até aparecer a massa no fundo tanque. Após a verificação do ponto dos grãos (firmes e brilhantes) foi realizada a dessoragem total e pré-prensagem por 20 minutos. Colocou-se a massa de queijo em formas retangulares de 1 kg forradas com dessoradores, para evitar que a massa do queijo se prendesse na parede da forma e para facilitar a saída do soro durante a prensagem, e realizou-se a prensagem por 30 minutos (NASSU *et al*, 2006). Efetuou-se a salga depois do queijo prensado, depositando-se aproximadamente 20 g de sal em cima do queijo.

A maturação foi realizada para desenvolver aroma e sabor. Essa etapa foi feita, inicialmente, 10 a 12 horas em temperatura ambiente (25 °C) e, em seguida, levou-se o queijo para uma câmara refrigerada, à 10 °C a 12 °C por 24 horas. O acondicionamento do queijo foi feito em embalagens de plástico, colando-se a etiqueta contendo data de fabricação, data de validade, dados completos do produtor, segundo a Resolução nº 259, de 20/9/2002 e da Portaria nº371, de 4/9/1997 (NASSU *et al*, 2006). O armazenamento foi feito a uma temperatura de 10 °C a 12 °C. Esse processo resultou em 1 kg de queijo de coalho.

Nesse estudo, foram elaboradas duas amostras de queijo de coalho: a amostra de queijo de coalho padrão (QCP), que seguiu o processo mostrado na Figura 6, e a amostra de queijo de coalho com inulina (QCI). Para elaboração da amostra QCI, foram adicionados 150 g de inulina (dissolvida previamente no soro) na massa do queijo, após a etapa de dessoragem parcial mexendo-se constantemente a massa.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises foram realizadas no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL), localizado no Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Foram executadas em triplicata as determinações do pH, acidez titulável, umidade, cinzas, percentual de proteínas, lipídios, fibras totais, atividade de água, capacidade de derretimento, cor e textura.

A análise para determinação do teor de fibras foi realizada apenas nas amostras de queijo coalho com inulina.

3.2.1 pH

Os valores de pH foram determinados diluindo-se as amostras em água até obtenção de uma massa homogênea e fazendo a leitura diretamente utilizando potenciômetro digital (AOAC, 2002).

3.2.2 Acidez

A acidez foi medida através da titulação de neutralização, utilizando-se solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M e fenolftaleína como indicador (AOAC, 2002).

3.2.3 Atividade da água (Aw)

A atividade da água foi realizada a 25 °C (\pm 2 °C), utilizando-se o analisador de atividade de água – LabTouch – Tecnal (marca: Novasina). Os resultados foram obtidos a partir de leitura direta no equipamento.

3.2.4 Umidade e Substâncias Voláteis

O princípio do método se baseia na diferença de peso do alimento após o aquecimento. Assim, pesou-se o cadinho previamente seco, em seguida colocou-se 5 g da amostra de queijo. O conjunto cadinho e amostra foi posto em estufa a 105 °C, até que toda a água fosse evaporada, ou seja, peso constante. Retirou-se o conjunto e colocou-se em dessecador para esfriar, em seguida foi feita a pesagem. Para obtenção do peso da amostra seca foi subtraído o peso do cadinho vazio. (AOAC, 2002).

Calculou-se o percentual de Umidade conforme a Equação 1.

$$\text{Umidade, \% (m/m)} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

Sendo,

P_i = Peso inicial da amostra (amostra úmida) em gramas (descontado o peso da cápsula).

P_f = Peso final da amostra (amostra seca) em gramas (descontado o peso da cápsula).

3.2.5 Cinzas

O conjunto cadinho e amostra, obtido na análise da umidade e substâncias voláteis, foi submetido a uma temperatura de 550 °C em um forno mufla por 4 horas até que as cinzas ficassem brancas. Em seguida, foi resfriado no dessecador até a temperatura ambiente. As cinzas obtidas foram analisadas gravimetricamente (AOAC, 2002).

Aplicou os dados a Equação 2.

$$\text{Cinzas, \% (m/m)} = N / P \times 100 \quad (2)$$

Sendo,

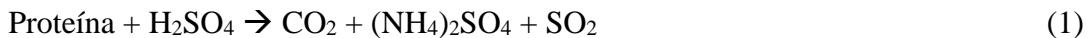
N = peso das cinzas;

P = peso da amostra.

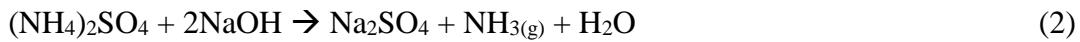
3.2.6 Proteína

A análise do percentual de proteína foi realizada pelo método Kjeldahl, conforme a AOAC (2002).

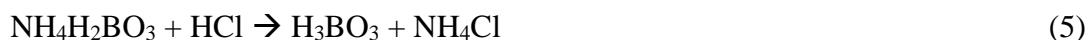
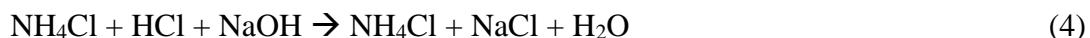
Esse método baseia-se em três etapas, a primeira é a digestão, na qual ocorre o aquecimento da amostra com ácido sulfúrico concentrado em presença de catalisador, até que o carbono e hidrogênio sejam oxidados, fazendo com que a matéria orgânica existente na amostra seja decomposta, assim, o nitrogênio é transformado em sal amoniacal, como mostra o Esquema reacional 1.



A segunda etapa consiste na destilação, na qual a amônia é liberada do sal amoniacal pela reação com hidróxido de sódio, sendo recebida em uma solução de ácido bórico, conforme os Esquemas reacionais 2 e 3.



Por fim, a terceira etapa consiste na titulação, a qual foi possível determinar a quantidade de nitrogênio presente na amostra titulando-se o produto da destilação com ácido clorídrico, como mostra os Esquemas reacionais 4 e 5.



Os dados obtidos foram aplicados a Equação 3.

$$\text{Proteínas, \% (m/m)} = (\text{V} \times 0,14 \times \text{f}) / \text{P} \quad (3)$$

Sendo,

V = volumes gastos na titulação

f = fator de conversão (utilizado 6,25)

P = peso da amostra

3.2.7 Lipídios

A análise da quantidade de lipídios presente nas amostras de queijo foi realizada através do método de Gerber (ou método butirométrico), conforme a AOAC (2002).

Esse método é fundamentado na separação e quantificação da gordura a partir do tratamento das amostras com ácido sulfúrico e álcool isoamílico. O ácido digere as proteínas ligadas à gordura, fazendo com que a viscosidade do meio diminua e aumente a densidade da fase aquosa, o que provoca o derretimento da gordura, por causa da liberação do calor

proveniente da reação. Assim, favorece a separação da gordura pelo álcool isoamílico (extrator) que modifica a tensão superficial do meio.

A quantidade de lipídios é medida na escala do butirômetro, após centrifugação e imersão em banho-maria, de acordo com a AOAC (2002).

3.2.8 Fibra Alimentar

A determinação da fibra alimentar total (FAT) seguiu as técnicas de análises enzimático-gravimétricas propostas pela AOAC (2002), que se baseia na quantificação da fibra alimentar após digestão enzimática.

Este teste foi feito em triplicata, com a utilização de dois brancos, pois nos resíduos de fibra e de branco foram realizadas as determinações de proteínas e cinzas. Assim, para determinação do percentual de fibras as amostras foram desengorduradas com éter de petróleo e tratadas com solução tampão fosfato na faixa de temperatura entre 95-100 °C, a fim de promover a solubilização de carboidratos solúveis. A amostra foi exposta a α -amilase, para promover a hidrólise do amido, seguida da adição da protease para hidrólise das proteínas presentes e terminando com o tratamento com a enzima amiloglucosidase para remoção do amido. Em seguida, foi feita a filtração em cadrinho de vidro previamente tarado. O mesmo foi posto em estufa para secar, então pesado e colocado na mufla para determinação das cinzas. O filtrado foi tratado com solução de álcool etílico a 95%, com o objetivo de precipitar a fibra solúvel. A fibra precipitada foi filtrada em cadrinho de vidro previamente tarado. O cadrinho foi, então, seco em estufa, pesado e colocado na mufla para determinação do teor de cinzas. O percentual de proteína total foi realizado seguindo a metodologia já descrita (AOAC, 2002).

Calculou-se o percentual de FAT conforme a Equação 4.

$$\text{FAT} = (\text{RT} - \text{Pt} - \text{C} - \text{BT}) / \text{P} \times 100 \quad (4)$$

Sendo,

RT = Média do peso de resíduo (mg)

Pt = Média do peso da proteína (mg)

C = Média do peso das amostras de cinzas (mg)

BT = Peso do branco (mg)

P = Peso da amostra (mg)

3.3 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

A análise da cor foi feita em colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400, utilizando o sistema CIELab, com medida da intensidade dos parâmetros L*(luminosidade), a*(vermelho a verde) e b* (amarelo a azul).

As medidas foram feitas em triplicata com o equipamento previamente calibrado e obtida a média para cada um dos parâmetros, utilizando a parte interna do queijo para análise, logo após a retirada do queijo da embalagem a temperatura ambiente (ANDRADE *et al.*, 2007).

3.4 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Amostras de queijo (QCP e QCI) armazenadas durante 14 dias foram retiradas em intervalos de: 1 dia, 7 dias e 14 dias e cortados em fatias de três centímetros de espessura. Em seguida, com auxílio de um vazador cilíndrico de aço inox, com diâmetro de 3,8 cm, foram cortadas as amostras. Os queijos foram embalados em sacos plásticos e acondicionados em recipiente isotérmico. Foi realizado o teste de dupla compressão dos cilindros de queijo coalho em analisador de textura BROOKFIELD, modelo CT3-25 kg, para obtenção do perfil de textura. O tipo de teste empregado foi o de Análise do Perfil de Textura (TPA), que reproduz a ação de duas dentadas (incisivos ou molares), dando um certo tempo (5 segundos) de recuperação ao material. A velocidade de teste foi de 1,0 mm/s, a distância de compressão de 10 mm (equivalente a 50% de compressão), a força de contato de 5,0 g, probe utilizado:

cilindro de alumínio de 35 mm de diâmetro (P35). Os dados foram coletados no programa “TexturePro CT V1.4 Build 17”, para confecção dos gráficos do perfil de textura de cada queijo de coalho analisado (ANDRADE *et al*, 2007).

3.5 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO

A capacidade de derretimento (CD) dos queijos de Coalho foi determinada por meio da adaptação do método utilizado por Santos *et al*, (2011); sendo realizada em triplicata. Assim, nos 14 dias de armazenamento refrigerado - 1 dia, 7 dias e 14 dias - foram retiradas de cada peça de QCP e QCI fatias com 7 mm de espessura da região central. Em seguida, com auxílio de um cilindro de 38 mm de diâmetro as amostras para análise do derretimento foram obtidas. Em uma placa de petri marcada com quadro linhas formando um ângulo de 45°, foi colocada uma fatia de cada amostra sendo medidos quatro diâmetros iniciais (Di). As placas com as amostras foram deixadas em temperatura ambiente (25 °C) por 30 minutos e depositadas em uma estufa a 107 °C por 7 minutos. Posteriormente as placas foram deixadas por mais 30 minutos a temperatura ambiente (25 °C) para resfriamento e leitura dos diâmetros finais (Df). A capacidade de derretimento foi calculada usando a Equação 5.

$$CD(\%) = \frac{(D_f^2 - D_i^2)}{D_i^2} \times 100\% \quad (5)$$

3.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Antes de iniciar a análise sensorial, foram realizadas análises microbiológicas nas amostras de QCP e QCI cruas e assadas. Para tanto, foi feita a verificação de Número Mais Provável (NMP) de coliformes a 45 °C, *Samonella* sp., *Staphylococcus* coagulase positiva e *Listeria monocytogenes* seguindo o que preconiza a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001.

3.7 ANÁLISE SENSORIAL

Durante 14 dias de armazenamento refrigerado - 1 dia, 7 dias e 14 dias - foram convidados em cada sessão 60 voluntários da Universidade Federal de Pernambuco, do Departamento de Engenharia Química e Nutrição compreendendo professores, alunos e funcionários, totalizando 180 avaliadores não treinados. Os atributos avaliados foram: aparência, aroma, cor, textura, sabor e qualidade global, por meio de uma escala hedônica estruturada com nove categorias (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Também foi efetuado o teste de intenção de compra utilizando escala hedônica estruturada em cinco pontos (1 = certamente não compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = certamente compraria). A ficha sensorial e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido utilizada para tal teste encontram-se no Apêndice I e II respectivamente.

Assim, foram oferecidas duas amostras de queijo assadas, uma com 50 g de QCP e outra com 50 g de QCI, acompanhadas de um copo de água. As provas ocorreram no Laboratório de Técnica Dietética e Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da UFPE, onde haviam três cabines individualizadas e climatizadas.

Este trabalho foi submetido à avaliação e apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (UFPE) e aprovado (CAAE nº 57635416.5.0000.5208). O parecer consubstanciado encontra-se no Anexo II.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados da análise sensorial foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), sendo realizado o teste de Duncan para comparação entre as médias obtidas. Para comparação entre as amostras (QCI e QCP) foi utilizado o teste "t" de student, ambos ao nível de 5% de significância através do programa "Statistics for Windows 7.0".

3.9 BALANÇO DE MASSA

Os balanços de massa relativos ao processo de fabricação do QCP e QCI foram elaborados, tendo como base as seguintes hipóteses (que resultam da consulta feita a instalação produtora do queijo de coalho localizada em Cachoeirinha-PE):

- Para cada litro de leite utilizado na produção do queijo de coalho são adicionados 20 g de NaCl;
- São necessários 10 L de leite para produzir 1 kg de queijo de coalho;
- Para coagular 10 L de leite são necessários 7 mL de coagulante comercial;
- São processados por dia 500 L de leite;
- A elaboração de 1 kg de queijo de coalho gera 9 L de soro;
- Para cada 10 L de leite são adicionados 150 g de inulina para produção de queijo de coalho potencialmente prebiótico.

3.10 SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE QUEIJO DE COALHO COM INULINA

3.10.1 Composição e propriedades do leite

A composição de leite considerada neste trabalho foi apresentada na Tabela 2, de acordo com o que foi descrito por Zhang *et al*, (2014) em seu trabalho sobre desenvolvimento de componentes hipotéticos para simulação do processo do leite usando um simulador de processo comercial.

Um fluxo material foi construído no simulador para o leite com componentes hipotéticos (representados por um asterisco subscrito). Dependendo da informação do componente contida no simulador (por exemplo, ácido palmítico, ácido n - hexadecanóico, ácido oleico, cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl) já estão presentes na biblioteca de componentes do simulador), cada componente da composição do leite (gordura, proteínas, lactose e sais

minerais) foi classificada em componentes mais simples como mostrado na Tabela 5 (ZHANG *et al*, 2014).

As suposições consideradas neste trabalho e a classificação posterior de cada componente da composição do leite (gordura, proteínas, lactose e minerais) em componentes simples são dadas como segue.

Suposições:

a) Lipídios: Os lipídios do leite são considerados como uma mistura de ésteres de triglicerídeos, que são compostos de vários ácidos graxos e glicerol. Como cada glicerol pode ligar três ácidos graxos e não são necessariamente do mesmo tipo, o número de glicerídeos diferentes é extremamente grande. Como resultado, as gorduras são geralmente caracterizadas por ácidos graxos (ZHANG *et al*, 2014). Nesta pesquisa, utilizaram-se ácidos graxos em vez de ésteres na simulação do leite devido às considerações a seguir.

- A composição de ésteres de gordura é extremamente complexa, nenhuma das quais pode ser encontrada na literatura ou em bases de dados termodinâmicas de simuladores de processos comerciais;
- Os ácidos graxos são os que mais se aproximam da gordura do leite e representam uma melhor aproximação das principais propriedades físicas do leite real (ZHANG *et al*, 2014).

Os principais ácidos graxos do leite são o ácido palmítico (25-29% em peso) e ácido oleico (30-40% em peso), que podem ser encontrados na lista de componentes do simulador. Outros ácidos graxos menores incluem ácido butírico, ácido mirístico, ácido esteárico, e assim por diante. Com propósito de simplificar e obter uma similar porcentagem em peso no conteúdo total de ácidos graxos, a fração de cada um desses dois ácidos graxos foi ajustada para metade (50% em peso de ácido palmítico e 50% em peso de ácido oleico) e todos os outros tipos componentes da gordura do leite foram desprezados (Suposição 1) (ZHANG *et al*, 2014).

b) Proteínas: As caseínas são as proteínas comumente encontradas no leite de vaca, perfazendo até 80% do total de proteínas no leite, enquanto as proteínas de soro de leite compõem o restante 20%. Devido à indisponibilidade de literatura de domínio público sobre as propriedades físicas das proteínas de soro de leite, e considerando sua porcentagem em peso relativamente menor nas proteínas totais, a proteína do leite é simplificada para a caseína (Suposição 2). O peso molecular médio da caseína foi ajustado para 23 000 kg/kg mol. Um

componente hipotético foi criado no simulador com base nesses atributos para simular proteínas (ZHANG *et al*, 2014).

c) Minerais: A quantidade de minerais no leite representa uma pequena fração (0,8% em peso), contém cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e ânions (fosfato, citrato e cloreto). Devido à indisponibilidade de sais de cálcio na base de dados termodinâmica, os minerais no leite foram especificados como NaCl a 50% e KCl a 50% por simplicidade (Suposição 3). Eles podem ser encontrados na lista de componentes do simulador (ZHANG *et al*, 2014).

d) Lactose: A lista de componentes do simulador não inclui lactose, criando-se assim outro componente hipotético com estes atributos: peso molecular (342,3 kg/kg mol), ponto de ebulação normal (668,9 ° C), densidade (1525 kg / m³), e outras propriedades estimadas a partir destes parâmetros e do pacote termodinâmico selecionado (ZHANG *et al*, 2014).

Tabela 5: Composição do leite.

Produto	Água	Lipídios		Proteínas*	Lactose*	Minerais		Sólidos
		Ác.	Ác.			NaCl	KCl	
Palmítico	Oleico							
Leite Integral	87,0	2,0	2,0	3,4	4,8	0,4	0,4	13,0

(Fonte: ZHANG *et al*, 2014).

3.10.2 Componentes e modelo termodinâmico selecionado

A biblioteca do simulador continha informações para os seguintes componentes necessários para a simulação do leite: água, gordura (ácido palmítico e ácido oleico) e minerais (NaCl e KCl). Os componentes não disponíveis na biblioteca (proteína e lactose) foram especificados usando a ferramenta "Gerenciador composto hipotético" a partir das propriedades das substâncias já descritas.

Para a obtenção do queijo, o leite sofre a reação mostrada na Figura 2 que transforma a caseína em para-caseína e macropeptídeos. A biblioteca do simulador também não continha informações para esses dois compostos gerados, nem para a inulina. Assim, esses componentes também tiveram que ser especificados em ferramenta presente no simulador para criação de

compostos hipotéticos a partir de suas propriedades (massa molar para-caseína: 19000 kg/kg mol (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 2010), massa molar do macropeptídeo: 8 kDa (MAPA, 2014) e massa molar da inulina: 522,453 kg/kg mol (PUBCHEM, 2017)). Por existir uma ausência de informações na literatura sobre todas as propriedades da para-caseína e macropeptídos foi considerada apenas a massa molar. As propriedades da inulina foram fornecidas pelo fabricante (Clariant) e estão presentes no Anexo 1. A quimosina (coagulante empregado para transformação de leite em queijo) está representada no fluxograma (Figura 4), porém não entrou na simulação por ser um catalisador.

Bon *et al.* (2010) simularam o processo de pasteurização do leite e selecionaram o modelo termodinâmico ideal no simulador de processo (ProSimPlus) para calcular propriedades fluidas (ou seja, leite). Assim, para simulação do processo de produção do queijo utilizou-se o mesmo modelo, o modelo termodinâmico ideal.

Não foram encontrados na literatura modelos cinéticos que se aplicassem ao processo estudado, com as mesmas condições empregadas para a produção do queijo de coalho com inulina experimentalmente. Assim, sem os seguintes dados: constante de Arrhenius e energia de ativação da reação estudada, foi preferível empregar um reator estequiométrico. Para o mesmo, considerou-se a hipótese de conversão do reagente limitante (proteína do leite) de 80% (pois na literatura descreve-se que 80% das proteínas do leite tornam-se constituintes do queijo e 20% do soro de leite).

Pensando-se em construir uma indústria de queijo, desenvolveu-se uma planta contínua utilizando 10 kg/h de leite, 80 g/h de inulina, 20 g/h de sal e 7 mL/h de quimosina. O processo foi realizado à pressão atmosférica e temperatura ambiente (1 bar e 25 °C).

3.10.3 Simulação do processo

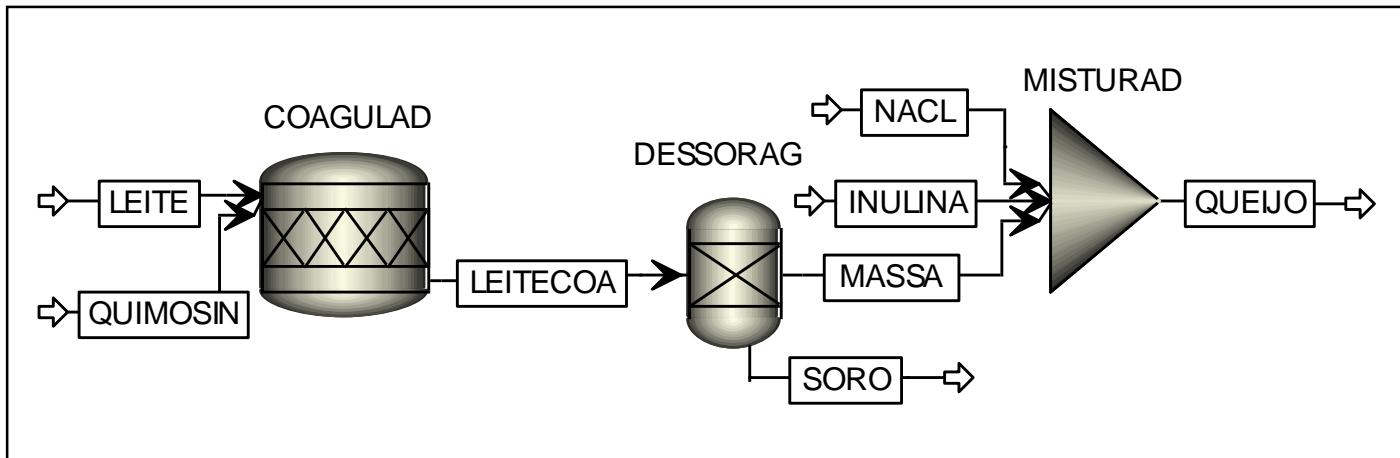
A simulação realizada foi baseada em balanço de massa, sendo que o módulo de energia foi desativado do software *ASPEN-HYSYS*.

A primeira etapa da simulação consistiu em inserir os componentes, em seguida definiu-se o modelo termodinâmico ideal. Na segunda etapa adicionou-se a corrente inicial (leite) a uma vazão de 10 kg/h de leite que atravessa o reator estequiométrico (representado na Figura 7 por coagulad.) com conversão de 80%.

O leite ao reagir forma duas correntes, a corrente massa do queijo e a corrente soro de leite. Para separação dessas correntes, utilizou-se um separador mais simples (nomeado na Figura 7 por dessorag.) existente no *software ASPEN-HYSYS*, o qual é possível escolher o quanto se deseja separar de acordo com os dados da Tabela 3 (composição do soro). Para o uso de separadores mais elaborados é necessário parâmetros de interação, o que não foi possível obter, pois são complexos e não existem na literatura.

Para que a inulina não fosse perdida no soro, ela foi incorporada na massa do queijo após a dessoragem. Assim, utilizou-se um misturador para adicionar a inulina e o sal na massa de queijo. As condições empregadas no simulador foram escolhidas de modo a aproximar-se das condições obtidas experimentalmente. O fluxograma do processo pode ser observado na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma da simulação do processo obtenção do queijo de coalho com inulina.



(Fonte: O Autor).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados obtidos da avaliação da composição centesimal e das propriedades físico-químicas das amostras de QCP e QCI podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6: Análises físico-químicas do QCP e QCI *in natura*.

<i>Análises</i>	<i>QCP</i>	<i>QCI</i>
Umidade (g/100 g)	52,00 ± 1,01 ^b	54,43 ± 0,04 ^a
Cinzas (g/100 g)	3,28 ± 0,07 ^a	3,36 ± 0,01 ^a
Proteínas (g/100 g)	19,23 ± 0,28 ^a	15,59 ± 0,33 ^b
Gordura (g/100 g)	35,00 ± 0 ^a	29,00 ± 0 ^b
pH	6,06 ± 0,07 ^a	5,97 ± 0,19 ^a
Acidez (%)	0,23 ± 0 ^b	0,44 ± 0 ^a
Atividade de água	0,96 ± 0,01 ^a	0,97 ± 0 ^a
Fibra alimentar total (inulina) (g/100 g)	-	6,15 ± 0

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente pelo teste “t” de student ($p>0,05$).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (Portaria nº 146 de 07 de março de 1996, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) os queijos podem ser classificados de acordo com o conteúdo de umidade, em porcentagem em: queijo de baixa umidade (geralmente conhecidos como queijo de massa dura) (até 35,9%), queijos de média umidade (geralmente conhecidos como queijo de massa semidura) (36,0 - 45,9%), queijos de alta umidade (geralmente conhecido como de massa branda ou "macios")

(46,0 - 54,9%) e queijos de muita alta umidade (geralmente conhecidos como de massa branda ou "mole") (inferior a 55,0%). E de acordo com conteúdo de matéria gorda no extrato seco, em percentagem, como: extra gordo ou duplo creme (60%), gordos (45,0 e 59,9%), semigordo (25,0 e 44,9%), magros (10,0 e 24,9%) e desnatados (menos de 10,0%).

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho (Instrução Normativa nº 30, de 26/06/01 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) estabelece que 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 nos sólidos totais variável entre 35% e 60% (BRASIL, 2001a).

Assim, analisando a Tabela 6, o parâmetro umidade em ambos os queijos está de acordo com o que prevê o regulamento. Em relação aos lipídeos, o QCP (35%) está em conformidade com o que preconiza a legislação, porém o QCI está abaixo (29%). Assim, o queijo de coalho padrão foi classificado com média umidade e semigordo, enquanto que o queijo de coalho com inulina de alta umidade e teor de gordura abaixo do preconizado pelo regulamento. Na literatura, os valores encontrados para a gordura nos queijos de coalhos está abaixo do recomendado pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo de Coalho, como exemplo podem ser citados os trabalhos de Freitas *et al.* (2013) (19,04% a 25,38%) , Santos *et al.* (2006) (24,4%) e Nassu *et al.* (2000) (17,77% a 34,27%).

Os valores de umidade encontrados para o QCP e QCI (Tabela 6) foram similares aos de Vieira *et al.* (2003) (23,2 a 58,0%). A umidade interfere na atividade de água e nas ações metabólicas de micro-organismos ao longo da maturação, com suas possíveis consequências no pH, textura, sabor e aroma. (Freitas *et al*, 2009). Observa-se que o QCI apresentou aumento significativo de umidade ($p<0,05$) em relação ao QCP. Este fato pode ser explicado pelo alto poder higroscópico da inulina, o que faz com que a capacidade de retenção de água aumente (PINTO; PAIVA, 2010). Em um estudo realizado por Alnemr *et al.* (2013) sobre o efeito da adição de inulina nas propriedades físico-químicas do queijo Karish (queijo branco, de origem egípcia, obtidos por coagulação ácida) estes demonstraram que a utilização de inulina aumentou significativamente o rendimento do queijo e conteúdo de umidade em comparação ao controle. Os autores relacionaram o aumento no rendimento à capacidade que a inulina tem em

formar uma rede de géis, aumento da capacidade de retenção de água no queijo contendo inulina.

Entre os dois queijos observa-se diferença significativa ($p<0,05$) em relação aos lipídios, que ocorreu, possivelmente, devido à falta de homogeneidade dos leites utilizados para preparação dos queijos. Buriti (2005) observou em seu trabalho sobre desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico que a oscilação do teor de gordura dos leites (obtidos do mesmo fabricante) resultou em uma grande variação do teor de gordura dos queijos, concluindo que não houve homogeneidade do leite utilizado como principal matéria-prima para elaboração dos queijos. Cardarelli (2006) também reportou em seu trabalho, sobre desenvolvimento de queijo petit-suisse prebiótico, que a razão para a variação nos teores de gordura do queijo tipo quark foi devido a falta de padronização do teor de gordura do leite utilizado no processamento do queijo.

Na Tabela 6 observa-se, com relação à fibra alimentar total (FAT), que o QCI pode ser considerado um alimento funcional de acordo com a “lista das alegações de propriedade funcional ou de saúde” publicada pela ANVISA (atualizada em março de 2016), pois contém 3,07 g de inulina por porção (50 g) de queijo (BRASIL, 2008). A adição de inulina em produtos lácteos vem despertando interesse no meio científico e diversos trabalhos vem sendo publicados, na avaliação sensorial do queijo ultrafiltrado com adição de inulina (1,5%) foi observada uma melhora na cremosidade e a obtenção de uma sensação bucal semelhante à gordura (KARIMI *et al.*, 2016).

Na caracterização de queijos, o pH é importante devido à sua influência na textura, na atividade microbiana e na maturação (SOUZA *et al.*, 2014). Na Tabela 6 verifica-se que o pH do QCP e QCI não tiveram diferença significativa ($p<0,05$), resultados estes similares aos obtidos por Nassu *et al.* (2001), que analisaram 43 amostras de queijo de coalho no Estado do Ceará e encontraram pH de 5,3 a 6,64.

O QCI apresentou significativo aumento de acidez ($p<0,05$) em relação ao QCP (Tabela 6). De acordo com Sousa *et al.* (2014), a acidez é proveniente da produção do ácido lático a partir da degradação da lactose pelas bactérias lácticas presentes no leite. Gustaw *et al.* (2011) avaliaram a influência de prebióticos selecionados no crescimento de bactérias lácticas para a produção de bio-iogurtes e concluíram que a inulina adicionada ao bio-iogurte exibiu efeito

estimulante no crescimento de *Lb. Acidophilus* e *Bifidobacterium sp*, o que ocasionou aumento da produção de ácido lático. Os valores encontrados (Tabela 6) corroboram com os obtidos por Freitas *et al.* (2009) (0,11 a 0,49%) e Sousa *et al.* (2014) (0,12 a 1,01%).

Na Tabela 6 constata-se que a atividade de água não apresentou diferença significativa entre os dois queijos ($p>0,05$), salientando que o QCI teve valor maior, provavelmente como comentado anteriormente pela capacidade de retenção da água. Os valores de atividade de água de ambos os queijos (Tabela 6) corroboram com os encontrados por Andrade (2006) (0,94 a 0,97) e Vital (2011), este último para queijos de coalho produzidos artesanalmente (0,96 a 0,98) e queijos de coalho industriais (0,96 a 0,99).

Embora não existam valores de referência na legislação vigente para as análises de atividade de água, acidez e pH do queijo de coalho, os resultados encontrados na presente pesquisa são similares aos citados na literatura.

Em relação às cinzas não houve diferença entre os dois queijos analisados ($p>0,05$). Os resultados obtidos estão de acordo com Sena *et al.* (2000) e Freitas *et al.* (2013), que observaram 2,88% a 3,54% de cinzas em queijos de coalho produzidos na Paraíba.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os dois queijos de coalho analisados em relação ao parâmetro proteína. O percentual de proteína para o QCI apresentou valor abaixo dos citados na literatura, pois de acordo com Freitas *et al.* (2013) para queijos de coalho produzidos no estado da Paraíba os resultados obtidos foram 17,17 a 22,64%. Segundo Karimi *et al* (2015), infere-se que a inulina pode se tornar parte da rede estrutural de proteína por formar complexos com agregados proteicos se a mesma estiver presente durante a fermentação e a coagulação. Desta forma, o teor de proteína no QCI provavelmente está atribuído a essa teoria.

4.2 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

Os resultados das análises de cor realizadas nas amostras do QCP e QCI são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Médias das determinações instrumentais de cor nas amostras de QCP e QCI.

Parâmetro	Queijo de Coalho Padrão	Queijo de Coalho com Inulina
L*	95,46 ± 1,10 ^b	97,03 ± 0,59 ^a
a*	-9,26 ± 0,28 ^a	-8,97 ± 0,22 ^b
b*	29,60 ± 0,81 ^a	27,74 ± 1,33 ^b

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente pelo teste “t” de student ($p>0,05$).

Na Tabela 7 verificar-se que o QCI apresentou diferenças significativas ($p<0,05$) nos três parâmetros (L, a* e b*) com relação ao QCP. O primeiro obteve maior valor de L* e menor valor de b*, ou seja, apresentou coloração mais branca e menos amarela que o QCP. O QCP destacou-se como mais escuro. Os valores de L* mais altos significa refletância da luz, o que leva a uma coloração mais clara em queijos de coalho. Assim, maiores valores para L* podem ser associados ao grau de agregação interna da matriz proteica do queijo, quanto mais hidratada a matriz menor o número de centros que deixam que a luz se espalhe. (RONCATTI, 2016).

Observa-se que as duas amostras apresentaram alta luminosidade (L*). Há predominância da cor amarela (b*) em ambos os queijos em detrimento da verde (a*), demonstrando que a cor branca amarelada é característica do queijo coalho, o que está de acordo com os resultados apresentados por Andrade *et al*, 2007.

4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas das amostras de QCP e QCI “*in natura*” apontaram ausência de *Staphylococcus coagulase positiva*, *Salmonella spp.* e *Listeria monocytogenes*. Porém, a análise de coliformes a 45 °C apresentou valores superiores aos padrões exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001) que estabelece como limite máximo o valor de 10^4 (UFC/g) para Coliformes a 45 °C.

As análises microbiológicas das amostras de QCP e QCI após coccção demonstram ausência de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus coagulase positiva*, *Salmonella spp.* e *Listeria monocytogenes*, sugerindo ser essa a forma mais segura para o consumo.

4.4 ESTUDO DA ESTABILIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO

4.4.1 Atividade de água

A Tabela 8 apresenta os resultados da atividade de água com o tempo de armazenamento.

Tabela 8: Atividade de água do QCP e QCI durante 14 dias de armazenamento refrigerado.

ATIVIDADE DE ÁGUA		
<i>Tempo de armazenamento</i>	<i>Queijo de Coalho Padrão</i>	<i>Queijo de Coalho com Inulina</i>
1 dia	0,956 ± 0,005 ^{Aa}	0,957 ± 0,005 ^{Aa}
7 dias	0,957 ± 0,001 ^{Aa}	0,945 ± 0,002 ^{Ab}
14 dias	0,944 ± 0,007 ^{Ba}	0,943 ± 0,012 ^{Aa}

^{a,b,c}Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente pelo teste “t” de student.

^{A,B,C}Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente pelo teste de Duncan. Ambos os testes ao nível de 5% de significância.

A Tabela 8 mostra que a atividade da água situa-se em uma faixa de 0,944 a 0,956 a para o QCP e de 0,943 a 0,957 para o QCI.

A redução do valor da atividade de água durante o armazenamento para os queijos (Tabela 8) é resultado da perda do soro (sinérese). Esta redução apresentou diferença significativa ($p<0,05$) apenas para o QCP como pode ser observado na Tabela 8. A presença da inulina evitou a secagem excessiva do queijo devido a sua capacidade de retenção de água, o que explica a redução não significativa ($p>0,05$) da atividade de água no QCI (CRITTENDEN e

PLAYNE, 1996). De acordo com Aryana *et al* (2007), iogurtes contendo inulina apresentaram menor sinérese que o iogurte controle.

4.4.2 Capacidade de Derretimento

O estudo do processo de derretimento é importante no queijo de coalho, pois a capacidade de ser submetido ao calor sem sofrer alteração da sua forma original é uma das características deste tipo de queijo (MACHADO *et al*, 2011).

A Tabela 9 apresenta a capacidade de derretimento dos QCP e QCI durante 14 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 9: Capacidade de derretimento dos QCP e QCI durante 14 dias de armazenamento refrigerado.
a,b,c Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente pelo teste “t” de student .

DERRETIMENTO (%)		
Tempo de Armazenamento	QCP	QCI
1 dia	32,04±19,07 ^{Ca}	30,04±3,47 ^{Ab}
7 dias	34,07±18,28 ^{Ba}	-6,89±7,70 ^{Cb}
14 dias	99,45±25,98 ^{Aa}	10,24±8,75 ^{Bb}

A,B,C Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente pelo teste de Duncan. Ambos os testes ao nível de 5% de significância.

Observando-se os resultados é possível verificar que a capacidade de derretimento do QCP aumentou significativamente ($p<0,05$), principalmente no décimo quarto dia, no qual se observa um valor próximo a 100%. No estudo realizado por Machado *et al.* (2011), em queijos de coalho, a análise de variância demonstrou que o derretimento aumentou com o tempo, sendo maior em tempos de estocagem maiores, esse comportamento pode ser explicado pela proteólise primária avançada (caseína é convertida em grandes peptídeos) que os queijos demonstraram durante o armazenamento (MACHADO *et al*, 2011).

No entanto, o QCI no 7º dia de armazenamento apresentou valor negativo, caracterizando uma retração. No décimo quarto dia a capacidade de derretimento volta a ficar com valor positivo (Tabela 9). Ao comparar os dois queijos no mesmo dia de armazenamento verifica-se que o percentual de derretimento foi significativamente maior para o QCP ($p<0,05$). Karimi *et al.* (2016), em seu estudo relata que a inulina pode tornar-se parte da rede estrutural de proteína por formar complexos com agregados proteicos, o que justificaria esse comportamento diferenciado do QCI.

Ainda na Tabela 9 observa-se que o QCP no início do armazenamento teve maior dificuldade para derreter, provavelmente devido as suas proteínas que apresentam alto peso molecular, o que as torna pouco solúveis. Depois de duas semanas essas proteínas são hidrolisadas, ficando mais solúveis, o que faz com que a capacidade de derretimento aumente. Comportamento contrário obtido pelo QCI, pois este apresentou menor capacidade de derretimento, o que pode ser justificado pela menor taxa de proteólise (PIZAIA *et al.*, 2003).

4.4.3 Análise Sensorial

Na Tabela 10 pode se observar a média das notas dadas aos atributos avaliados para cada queijo durante o armazenamento.

Tabela 10: Notas atribuídas aos atributos: aparência, cor, aroma, textura, sabor, impressão global e intenção de compra dos QCI e QCP durante 14 dias de armazenamento refrigerado.

Atributos	1 dia		7 dias		14 dias	
	QCP	QCI	QCP	QCI	QCP	QCI
Aparência	7,12±1,47 ^{Ab}	8,08±1,09 ^{Aa}	6,57±1,73 ^{Bb}	7,82±1,43 ^{Aa}	7,50±1,32 ^{Ab}	7,93±1,05 ^{Aa}
Cor	7,39±1,35 ^{ABb}	7,91±1,19 ^{Aa}	7,03±1,45 ^{Bb}	7,73±1,44 ^{Aa}	7,82±1,08 ^{Aa}	7,92±1,06 ^{Aa}
Aroma	7,50±1,34 ^{Aa}	7,32±1,65 ^{Aa}	7,50±1,47 ^{Aa}	7,40±1,55 ^{Aa}	7,77±1,31 ^{Aa}	7,80±1,01 ^{Aa}
Textura	7,47±1,34 ^{Aa}	7,29±1,74 ^{Ba}	6,87±1,77 ^{Bb}	7,65±1,46 ^{Ab}	7,42±1,37 ^{Ab}	7,88±1,15 ^{Aa}
Sabor	7,84±0,99 ^{Aa}	6,96±1,93 ^{Bb}	7,65±1,34 ^{Aa}	7,32±1,84 ^{Ab}	7,77±1,32 ^{Aa}	7,87±1,29 ^{Aa}
Impressão global	7,67±0,96 ^{Aa}	7,31±1,64 ^{Ba}	7,22±1,51 ^{Ba}	7,42±1,62 ^{Ab}	7,78±1,14 ^{Aa}	7,92±1,01 ^{Aa}
Intenção de compra	4,37±0,82 ^{Aa}	4,00±1,22 ^{Aa}	4,07±0,86 ^{Aa}	4,17±1,09 ^{Aa}	4,20±0,94 ^{Aa}	4,29±0,85 ^{Aa}

^{abc} Médias seguidas de letras iguais na horizontal no mesmo tempo não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste “t” de student.

^{ABC} Médias seguidas de letras iguais na horizontal no mesmo produto em tempos diferentes não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

No final do armazenamento (14 dias) os atributos cor, aroma, sabor e impressão global não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os queijos, ressaltando que as médias maiores em todos os atributos foram dadas ao queijo de coalho com inulina.

Foi demonstrado por Creamer e Olson (1982) que a capacidade de retenção de água da inulina poderia aumentar a água disponível que interage com as cadeias proteicas, resultando em um queijo mais suave e macio. Karimi *et al* (2015) observaram, em seu estudo sobre queijos com inulina, que há um aumento da viscosidade com o aumento da quantidade de inulina e que a interação de hidrocoloides com a proteína do leite pode resultar em uma melhora nas propriedades de textura. Assim, a adição da inulina ao produto auxiliou na promoção da maciez na textura pela retenção de água, melhorando a aceitabilidade do mesmo.

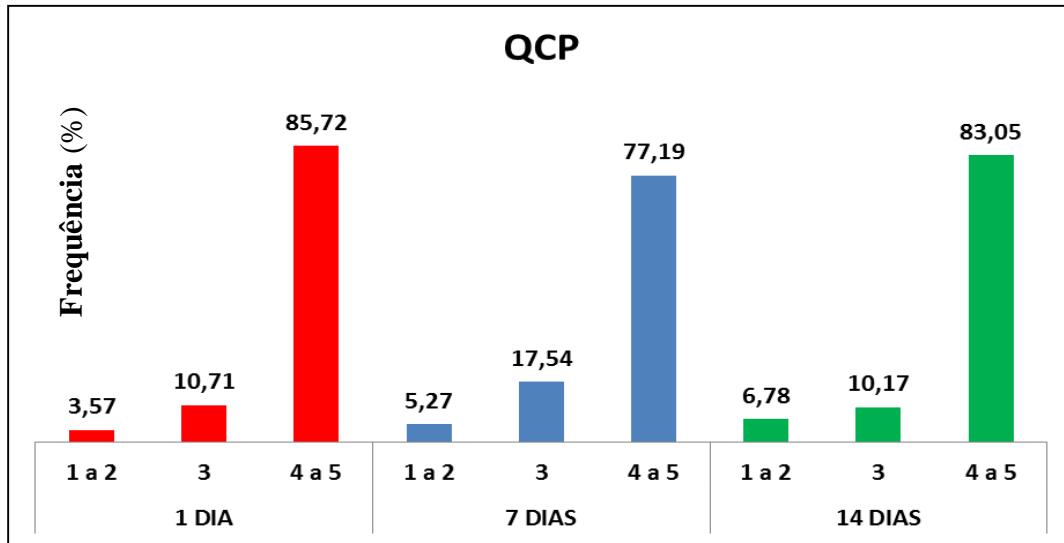
As notas dadas à aparência podem estar relacionadas à coloração do QCI, pois em análise colorimétrica instrumental, apresentada anteriormente, o mesmo apresentou coloração mais branca e menos amarela que o QCP. Salem *et al.* (2007) compararam os efeitos de 1% de inulina e de outros substitutos de gordura sobre os atributos sensoriais do queijo Labneh. De acordo com suas descobertas, o queijo Labneh fabricado com cultura de *Lactobacillus reuteri* contendo 1% de inulina obteve pontuações mais altas quanto à consistência e aparência.

Ainda na Tabela 10 verifica-se que o QCP não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) em todos os atributos no início e final do armazenamento. O mesmo comportamento teve o QCI para os atributos Aparência, Cor e Aroma. Em relação aos atributos Textura, Sabor e Impressão global o QCI apresentou diferença significativa ($p<0,05$) entre o início e final do armazenamento, ressaltando que as notas foram maiores no final. De acordo com Modzelewska-Kapituła *et al.* (2007), que avaliaram a influência da inulina e do *Lactobacillus plantarum* sobre as propriedades organolépticas em queijo cottage, a qualidade sensorial foi positivamente afetada pela presença de inulina nos produtos. Após a produção e 45 dias de armazenamento, o queijo produzido com inulina possuía as propriedades mais desejáveis, seguido pelo queijo de controle. Zamora-Vega *et al.* (2013) também relataram em seu estudo, sobre a adição de *Saccharomyces boulardii* e inulina em queijo fresco, que houve uma melhora nas propriedades organolépticas incluindo cor, odor, sabor e aceitabilidade geral, tornando o queijo mais aceitável para os consumidores.

4.4.4 Intenção de compra

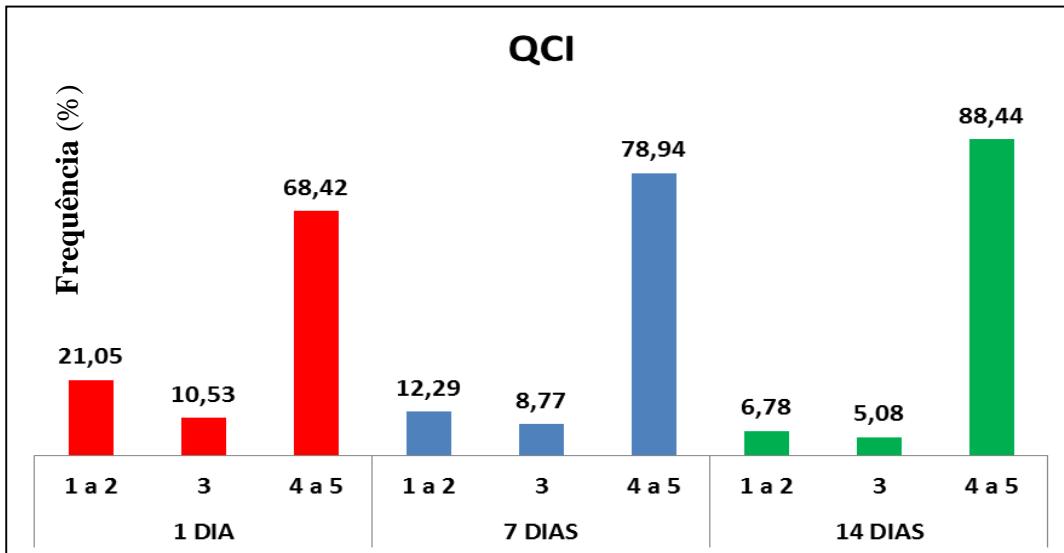
Quanto à intenção de compra constata-se que todas as médias das notas obtidas durante o período de armazenamento para os QCP e QCI foram maiores ou iguais a 4, ou seja, “possivelmente compraria o produto” e “certamente compraria o produto”. Este fato pode ser comprovado pelo maior percentual de frequência entre as notas 4 e 5 (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Frequência das notas atribuídas à intenção de compra para o QCP.



QCP: Queijo de coalho padrão; 1: Certamente não compraria; 2: Possivelmente não compraria; 3: Talvez compraria/Talvez não compraria; 4: Possivelmente compraria e 5: Certamente compraria.

Figura 9: Frequência das notas atribuídas à intenção de compra para o QCI.



QCI: Queijo de coalho com inulina; 1: Certamente não compraria; 2: Possivelmente não compraria; 3: Talvez compraria/Talvez não compraria; 4: Possivelmente compraria e 5: Certamente compraria.

Ainda nas Figuras 8 e 9 observa-se que com 7 e 14 dias de armazenamento o QCI foi o que obteve maior percentual de frequência entre as notas 4 e 5, ou seja, o QCI teve boa aceitação na intenção de compra.

Ao comparar as notas da intenção de compra do QCP com QCI em cada tempo de armazenamento, como também QCP e QCI ao longo do armazenamento, verifica-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$). Nos tempos finais de armazenamento (7 e 14 dias) observa-se que as maiores notas na intenção de compra foram obtidas no QCI (Tabela 10).

4.4.5 Avaliação do Perfil de Textura

Vários fatores são conhecidos por influenciar na textura de queijos como: os teores de proteína, gordura, sal, minerais e pH (VISSER, 1991).

Os resultados da análise do perfil de textura instrumental permitiram conhecer o comportamento mecânico das amostras de QCP e QCI durante os 14 dias de armazenamento refrigerado, como mostram as curvas típicas para cada amostra nas Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10: Análise do perfil de textura do QCP e QCI com 1 dia de armazenamento refrigerado.

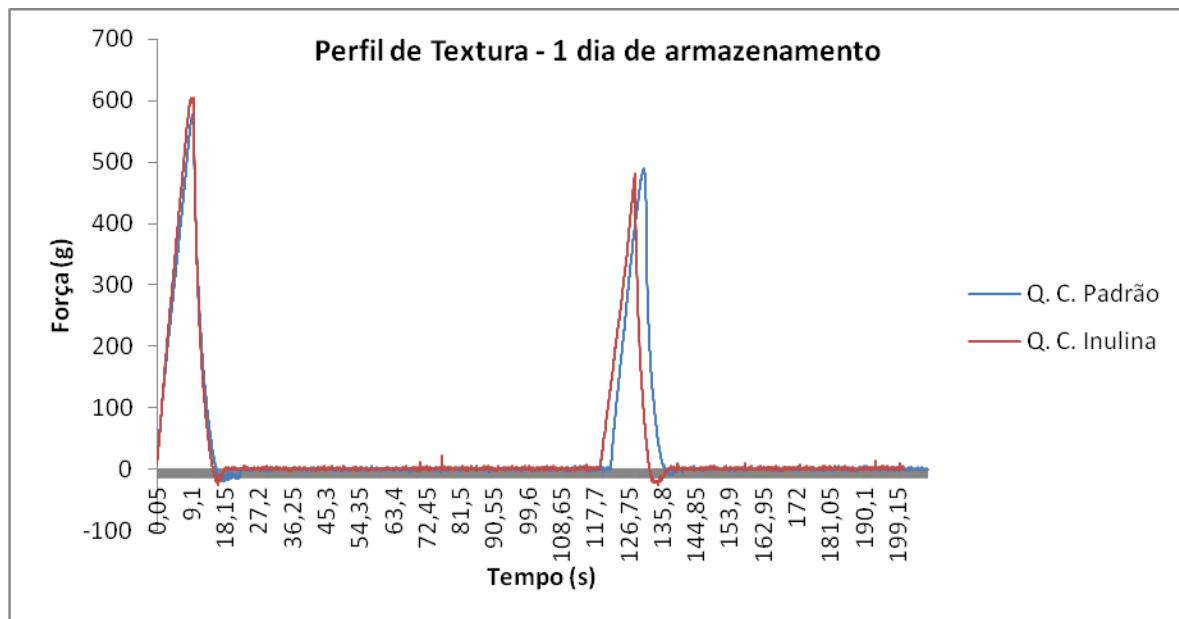


Figura 11: Análise do perfil de textura do QCP e QCI com 7 dia de armazenamento refrigerado.

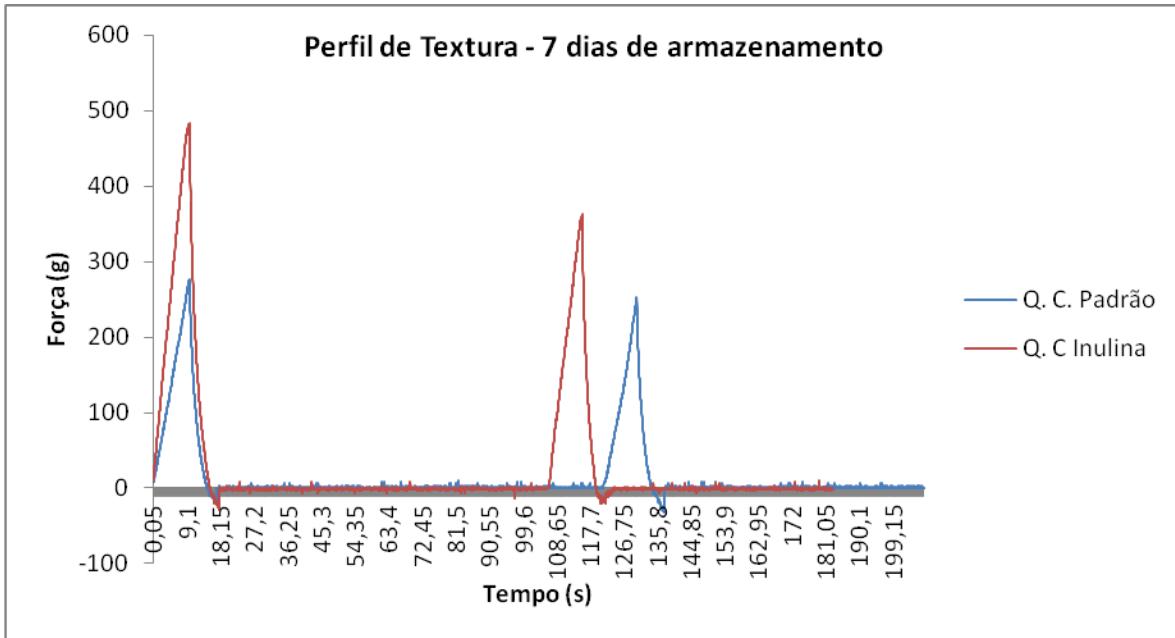
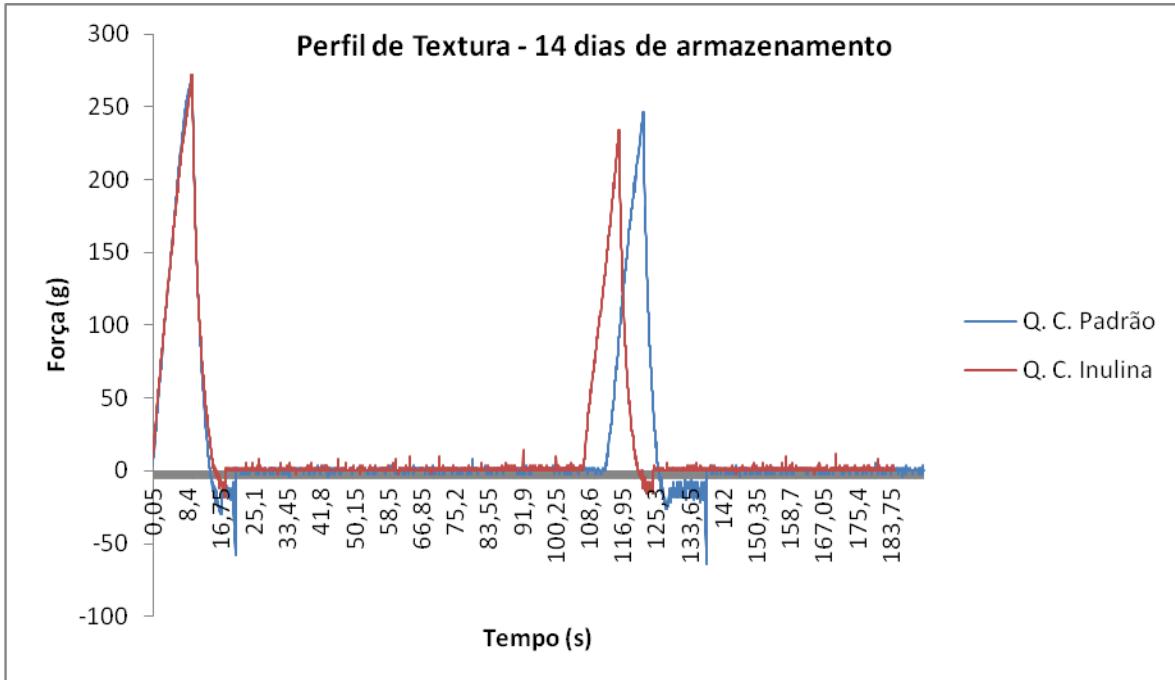


Figura 12: Análise do perfil de textura dos QCP e QCI com 14 dia de armazenamento refrigerado.



A Figura 10 indica que o QCI no primeiro dia de armazenamento refrigerado precisou de uma força maior (força igual a 604 gf) para ser cortado e comprimido em comparação com

o QCP (força igual a 580 gf). Logo, o QCI demonstrou ser mais duro e firme. Os resultados estão de acordo com os estudos realizados por Meyer *et al.* (2011), sobre a inulina como modificador de textura em produtos lácteos, e por Hennelly *et al.* (2006), que observaram valores de dureza significativamente mais elevados em amostras de queijo com inulina do que na amostra controle. Além disso, observa-se na Tabela 6 que o teor de proteína é menor para o queijo de coalho com inulina, o que também influencia na textura, pois de acordo com os resultados obtidos por Souza et al (2014) maiores valores de dureza foram obtidos em queijos que apresentaram menor teor de proteína.

Com 7 dias de armazenamento refrigerado a força para cortar e comprimir o QCI foi menor, mesmo assim continuou a ser mais duro e firme que o QCP (força: QCP 276 gf e QCI 484 gf), conforme mostra Figura 11.

Comparando os resultados da Figura 10 com os da Figura 11, o QCP demonstrou uma grande mudança na sua dureza, passando de 580 g para 276 g. O comportamento observado no início demonstra que o queijo apresentou maior dificuldade para comprimir, certamente pelas proteínas de alto peso molecular sendo hidrolisadas após uma semana (PIZAIA *et al.*, 2003). A proteína, de todos os compostos presentes no queijo, é a que merece maior destaque, pois é a principal responsável pela elasticidade, textura e formação de compostos que caracterizam o aroma do queijo após a proteólise (SIHUFÉ *et al.*, 2005).

Analizando a Figura 12, percebe-se que as duas amostras apresentaram comportamento semelhante, a primeira curva mostrada para o QCI se sobrepôs a curva do QCP. Assim, houve uma redução na dureza e na firmeza das amostras depois de 14 dias de armazenamento, apresentando valores semelhantes de 272 g.

A força negativa representa o grau de adesividade ou viscosidade da amostra, já a fratura é representada pela primeira queda significativa da curva durante o primeiro ciclo de compressão. Através de todas as curvas características analisadas (Figuras 10, 11 e 12) observa-se que as duas amostras de queijo de coalho analisadas mostraram discreta adesividade e não apresentaram fratura. Porém, a adesividade foi menor no queijo de coalho com inulina, pois o menor teor de gordura apresentado por este queijo de coalho (Tabela 6) fez com que esse parâmetro diminuisse, muito embora esse parâmetro tenha pouca relevância no queijo de coalho por ser um produto pouco adesivo (VALLE *et al.*, 2004).

4.5 BALANÇO DE MASSA

O resultado para o balanço de massa pode ser observado na Tabela 11. As quantidades de queijo de coalho apresentadas são valores indicativos, uma vez que durante o processamento existem perdas e rendimento, pois a formação de coágulos não é constante.

Tabela 11: Balanço de massa.

QCP		Quantidade Diária	Quantidade Semanal
Matérias-primas	Leite	500 L	3000 L
	Sal	1 kg	6 kg
	Coagulante	350 ml	2,1 L
Produto	QCP	50 kg	300 kg
Resíduo	Soro	450 L	2700 L
QCI			
Matérias-primas	Leite	500 L	3000 L
	Sal	1 kg	6 kg
	Coagulante	350 ml	2,1 L
	Inulina	7,5 kg	45 kg
Produto	QCI	50 kg	300 kg
Resíduo	Soro	450 L	2700 L

O resultado obtido para o percentual de fibra solúvel (inulina) na amostra analisada, apresentado na Tabela 6, foi de 6,15g/100g de queijo. Logo, em 1 kg de queijo de coalho obteve-se 61,5 g de inulina. A partir dos cálculos, apresentados no Apêndice III, observa-se uma grande perda de inulina correspondente a 59%. Isso ocorreu devido a inulina ter alta solubilidade em água, provocando a perda da mesma devido a sua dissolução no soro do leite. Assim, é necessário fazer uma otimização do processo e análise do ponto de adição da inulina para minimizar ou eliminar a quantidade de inulina perdida no soro do leite. Diante do exposto, o ponto ideal para adição da inulina é após a dessoragem, diretamente na massa da coalhada com auxílio de pás agitadoras, para que essa adição seja homogênea, minimizando a quantidade

de inulina necessária para cada peça de queijo produzida, e reduzindo ou eliminando a quantidade de inulina perdida no soro do leite.

Os dois processos de produção do queijo de coalho dão origem a uma grande quantidade de soro, como é possível observar na Tabela 11. De acordo com Machado *et al* (2011) na primeira dessoragem retira-se em média 80% do soro, assim apenas 20% do soro de leite do processo continha inulina. Alternativas para a utilização desse subproduto incluem a fabricação de produtos como requeijão, ricota, bebida láctea, concentrado proteico de soro (*whey protein concentrate – WPC*) e o isolado proteico de soro (*whey protein isolate – WPI*) que é a forma comercial mais pura das proteínas do soro e contém entre 80 e 95% de proteína (ALVES, M. P. *et al*, 2014).

4.6 SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO QUEIJO DE COALHO COM INULINA

A composição da corrente de queijo simulada foi comparada com a composição do queijo experimental (Tabela 6), como mostra a Tabela 12. E a composição da corrente de soro de leite simulada foi comparada com os dados obtidos na literatura (Tabela 3), apresentada na Tabela 13.

Tabela 12: Comparaçāo da composiçāo do queijo simulado e experimental.

<i>Queijo</i>	<i>Experimental (%)</i>	<i>Simulação (%)</i>	<i>Desvio Relativo (%)</i>
Água	54,43	54,48528	0,101556
Cinzas	3,36	3,843389	14,38658
Proteínas	15,59	15,16768	2,70892
Gordura	29	28,31073	2,376788
Inulina	6,5	6,863203	5,587735

Tabela 13: Comparação da composição do soro de leite simulado com dados da literatura.

<i>Soro</i>	<i>Literatura (%)</i>	<i>Simulação (%)</i>	<i>Desvio Relativo (%)</i>
Água	94,25	91,85012	2,546292
Proteínas	0,8	0,774443	3,194625
Lactose	4,3	4,86532	13,14698
Minerais	0,55	0,628666	14,30291
Lipídios	0,1	0,797222	697,222
Inulina	-	-	-

Das Tabelas 12 e 13, pode-se observar que os percentuais obtidos na simulação para os constituintes do queijo e do soro foram próximos aos esperados, apresentando pouca diferença. Com exceção dos lipídios presentes no soro do leite, que apresentou grande diferença na composição entre os dados obtidos na simulação e os dados obtidos na literatura. Isso ocorreu, pois durante a simulação não foi considerada a reação da inulina com os componentes do leite devido a sua complexidade. Segundo Karimi *et al* (2015), essa reação precisa ser melhor estudada e compreendida.

A produção de queijo coalho com inulina foi maior que a esperada, com um total de 1,3195 kg/h. A simulação realizada mostrou uma conversão de 87,8% de leite em soro, nas condições físicas de 25 °C e 101,3 kPa ou 1 bar.

Estes resultados preliminares apontam a simulação como uma ferramenta importante e indicam que novas simulações mais elaboradas com a reação mais detalhada devem ser realizadas, pois processos biológicos são mais difíceis de simular e não existem dados na literatura que os represente devido à complexidade das moléculas.

Assim, o processo simulado pelo programa *HYSYS* pode auxiliar numa futura implementação prática, fornecendo informações importantes para o projeto real da planta de produção deste produto manufaturado.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem o queijo de coalho com inulina como matriz potencialmente funcional, pois as amostras mostraram está em conformidade com o que preconiza a Lista das Alegações de Propriedade Funcional ou de Saúde publicada pela ANVISA. Podendo ser considerado um alimento que promove a saúde e reduz o risco de doenças crônicas, sendo capaz de alterar a microflora intestinal favorável e induzir efeitos benéficos intestinais ou sistêmicos.

Embora não existam valores de referência na legislação vigente para as análises de atividade de água, acidez e pH do queijo de coalho, os resultados obtidos são semelhantes aos encontrados na literatura. Com relação ao parâmetro umidade e gordura, o queijo de coalho padrão foi classificado com média umidade e semigordo, enquanto que o queijo de coalho com inulina de alta umidade e teor de gordura abaixo do preconizado pelo regulamento técnico de queijos. A análise colorimétrica mostrou que as amostra de queijo de coalho padrão e com inulina apresentaram alta luminosidade (L^*) e predominância da cor amarela (b^*) em detrimento da verde (a^*) confirmando a cor branca amarelada que é característica do queijo coalho. A inulina também contribuiu para obtenção de queijos de textura firme, macia, sem fraturas e pouco adesiva. Assim, com exceção do parâmetro gordura para o queijo de coalho com inulina, todos os outros parâmetros avaliados estão em conformidade com os padrões de identidade e requisitos mínimos de qualidade do queijo coalho.

A análise microbiológica das amostras dos queijos de coalho “*in natura*” mostrou que os mesmos não estavam em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente para o consumo, porém ao serem submetidas à cocção as amostras mostraram-se aptas ao consumo. A análise da capacidade de derretimento mostrou que o percentual de derretimento foi significativamente maior para o queijo de coalho padrão, sendo assim, o queijo de coalho com inulina preservou-se mais contra o derretimento até o final do armazenamento. Com relação a análise sensorial, os diversos atributos sensoriais avaliados por provadores indicaram bons resultados para este novo produto. Logo, o queijo de coalho com inulina obteve uma boa aceitação pelos consumidores (notas superiores a 7 no 14º dia) e bons resultados para intenção de compra (notas superiores a 4 no 14º dia).

Algumas mudanças no processamento do queijo de coalho com inulina devem ser realizadas para otimização de sua produção, a fim de avaliar a etapa ideal para adição do prebiótico visando minimizar ou eliminar a quantidade de inulina que sai junto com soro do leite na etapa de dessoragem. A simulação do processo mostrou que os percentuais obtidos para os constituintes do queijo e do soro foram próximos aos esperados, fornecendo informações importantes sobre o projeto real da planta de produção deste produto manufaturado. O que pode auxiliar em uma futura implementação prática, porém novas simulações mais elaboradas devem ser realizadas com informações mais detalhadas do processo.

Logo, o trabalho proposto colabora para um futuro desenvolvimento de um mercado lucrativo para novos produtos lácteos enriquecidos com componentes fisiologicamente ativos, prebióticos, que atualmente é uma das prioridades de pesquisa da indústria de alimentos.

Este trabalho foi submetido ao pedido de patente pela Diretoria de Inovação e Empreendedorismo – DINE/UFPE (Protocolo nº 23076.047036/2016-44), sendo assim sua divulgação e exposição não é autorizada.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas.** NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8p.
- ALMEIDA, S. L.; JÚNIOR F. G. P.; GUERRA, J. R. F. Representação da Produção e Consumo do Queijo Coalho Artesanal. **Revista interdisciplinar de gestão social**, v. 2, n. 2, 2013.
- ALVES, M. P.; MOREIRA, R. O. M.; RODRIGUES JÚNIOR, H. P.; MARTINS, M. C. F. M.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.
- ALNEMR, T. M.; EL-RAZEK, A. M. A.; HASAN, H. M. A.; MASSOUD, M. I. Improving of Karish cheese by using enhanced technological texturizing inulin. **Alexandria Journal of Agricultural Research**, v. 58, p. 173–181, 2013.
- AL-SHERAJI, S. H.; ISMAIL, A.; MONAP, M. Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R. M.; HASSAN, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. **Journal of functional foods**, v. 5, p. 542-553, 2013.
- ANDRADE, A. A. **Estudo do perfil sensorial, físico-químico e aceitação de queijo de coalho produzido no estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza, CE: UFCE, 2006.
- ANTONIOU, K. D.; PETRIDIS, D.; RAPHAELIDES, S.; OMAR, Z. B.; KESTELOOT, R. Texture assessment of French cheeses. **Journal Food Science**, v.65, p.168-172, 2000.
- ANDRADE, A. A.; RODRIGUES, M. C. P.; NASSU, R. T.; SOUZA NETO, M. A. de. **Medidas instrumentais de cor e textura em queijo de coalho**. Em: Congresso Latino America de Analista de Alimentos. Embrapa Pecuária Nordeste. Fortaleza: Anais, 2007.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed., Washington, 2002.

ARAÚJO, E. A.; CARVALHO, A. F.; LENADRO, E. S.; FURTADO, M. M. MORAES, C. A. Development of a symbiotic cottage cheese added with *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 and inulin. **Journal of Functional Food**, v. 2, p. 85-89, 2010.

ARYANA, K. J.; PLAUCHE, S.; RAO, R. M.; McGREW, P.; SHAH, N. P. Fat-free plain yoghurt manufactured with inulins of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*. **Journal of Food Science**, v. 72 , p. M79-M84, 2007.

AZEVEDO, R. V.; FOSSE FILHO, J. C.; PEREIRA, S. L.; CARDOSO, L. D.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R. Suplementação com prebiótico, probiótico e simbiótico para juvenis de tambaqui a duas densidades de estocagem. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.1, p.9-16, 2016.

BARBOSA, I. C.; MELO, G. F. A.; MOURA NETO, L. G. **Frozen iogurte caprino simbiótico**. Brasil BR 10 2014 024495 6 A2, 2016.

BARROS, S. V. DOS S.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **CERNE**, v. 20, n. 3, p. 337-342, 2014.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 2, de 7 de janeiro de 2002. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substancias bioativas e probióticos. Brasília, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 16, de 30 de abril de 1999. Brasília, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 17, de 30 de abril de 1999. Brasília, 1999b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. 1999c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. Brasília, 1999d.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. Brasília, 1996.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity:** concept and measurement. 2^a ed. Academic Press – an Elsevier Science Imprint, 427p, 2002.

BON, J.; CLEMENTE, G.; VAQUIRO, H.; MULET, A. Simulation and optimization of milk pasteurization processes using a general process simulator (ProSimPlus). **Computers & Chemical Engineering**, v. 34, n. 3, p. 414-420, 2010.

BURITI, F. C. A. **Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico.** Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP: USP, 2005.

CARDARELLI, H. R. **Desenvolvimento de queijo petit-suisse simbiótico.** Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP: USP, 2006.

CODEX ALIMENTARIUS. **Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses,** Cape Town, South Africa, 2008.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais: Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos.** 2ed: Rubio, 2016.

CRITTENDEN, R. G; PLAYNE, M. J. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, n.11, p.353-361, 1996.

CREAMER, L. K.; OLSON, N. F. Rheological evaluations of maturing Cheddarcheese. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 631–647, 1982.

CRUZ, A. G.; ZACARCHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados**. Elsevier: 1 ed, 2016.

DELLO STAFFOLO, M.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; BEVILACQUA, A. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. **International Dairy Journal**, v.14, p.263-268, 2004.

DIAMANTINO, I. M.; PENNA, A. L. B. Efeito da utilização de substitutos de gordura em queijos light. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo, v.70, n. 3, p. 258-267, 2011.

ESKIN, M.; SHAHIDI, F. **Bioquímica de Alimentos**. Elsevier: 3ed, cap. 8, 2015.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SANTOS, G. C. F.; SOUZA, J. S.; BERNARDES, F. S.; SILVA, I. P. Queijos artesanais como veiculo de contaminação de *Escherichia coli* e estafilococos coagulase positiva resistentes a antimicrobianos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.10, n.1, p. 55 – 67, 2016.

FAI, A. E. C.; PASTORE, G. M. Galactooligosacarídeos: produção, benefícios à saúde, aplicação em alimentos e perspectivas. **Scientia Agropecuaria**, v.6, n.1, p. 69 – 81, 2015.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN; S. **Química dos Alimentos de Fennema**. Artmed: 4 ed, 2010.

FLIMELOVÁ, E.; KNAZOVICKÁ, V.; CANIGOVÁ, M.; BENCZOVA, E. Changes in quality of fresh cheese using dressing with and without probiotic culture during atorage. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 71, p. 51-58, 2013.

FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Blackie Academic and Professional Publishers, London, 478p, 2003.

FRACASSO, R; PFULLER, E. E. Processamento do leite para a fabricação do queijo na indústria de laticínios Camozzato LTDA, Sananduva – RS. **RAMVI**, v. 01, n. 02, 2014.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 87, p. 287-291, Suppl. 2, 2002.

FREITAS, W. C.; TRAVASSOS, A. E. R.; MACIEL, J. F. Avaliação microbiológica e físico-química de leite cru e queijo de coalho produzidos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.1, p.35-42, 2013.

FREITAS FILHO, J. R.; SOUZA FILHO, J. S.; OLIVEIRA, H. B.; ANGELO, J. H. B.; BEZERRA, J. D. C. Avaliação da qualidade do queijo “coalho” artesanal fabricado em Jucati – PE. Extensão: **Revista Eletrônica de Extensão**, v.6, n.8, p.35-49, 2009.

FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; CARVALHO, P. G. B.; TUPINAMBÁ, D. D.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V.; MOURA, C. F. H. **Procedimento Operacional Padrão para Determinação de Fibras Solúvel e Insolúvel**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2008.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Bacteriological Analytical Manual**. 7^a ed Arlington: AOAC International; 1992.

GARCIA, G. A. C.; PENNA, A. L. B. Queijo prato com teor reduzido de gordura adicionado de enzima proteolítica: características físicas e sensoriais. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, p. 346-357, 2010.

GIBSON, G. R.; SCOTT, K. P.; RASTALL, R. A.; TUOHY, K. M.; HOTCHKISS, A.; DUBERT-FERRANDON, A.; GAREAU, M.; MURPHY, E.F.; SAULNIER, D.; LOH, G.; MACFARLANE, S.; DELZENNE, N.; RINGEL, Y.; KOZIANOWSKI, G.; DICKMANN, R.; LENOIR-WIJNKOOP, I.; QALKER, C.; BUDDINGTON, R. Dietary prebiotics: current status and new definition. **Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods**, v.7, n.1, p.1-19, 2010.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995.

GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de requeijão cremoso potencialmente prebiótico pela adição de inulina e proteína de soja. **Boletim CEPPA**, v. 28, n. 2, p. 289-302, 2010.

GOULART, F. R.; ADORIAN, T. J.; MOMBACH, P. I.; SILVA, L. P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha**, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

GUILLOT, C. C.; MARTÍNEZ, A. D. M. Prebióticos y sus beneficios en la alimentación. **Revista Gastrohnup**, v. 17, n. 3, suplemento 1, p. S18-S25, 2016.

GUSTAW, W.; KORDOWSKA-WIATER, M.; KOZIOŁ, J. The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria bio-yoghurt production. **Acta Sci Pol Technol Aliment**. Poznań, v. 10, n. 4, p. 455-466, 2011.

HLEAP, J. I.; VELASCO, V. A. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). **Rev.Bio.Agro**, Popayán , v. 8, n. 2, p. 46-56, 2010.

HENNELLY, P. J.; DUNNE, P. G.; O'SULLIVAN, M.; O'RIORDAN, E. D. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. **Journal of Food Engineering**, v. 75, p. 388–395, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 2008.

JOVANOVIC-MALINOVSKA, R.; KUZMANOVA, S.; WINKELHAUSEN, E. Application of ultrasound for enhanced extraction of prebiotic oligosaccharides from selected fruits and vegetables. **Ultrasound Sonochemistry**, v. 22, p. 446-453, 2015.

KARIMI, R.; AZIZI, M. H.; GHASEMLOU, M.; VARIZI, M. Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, p. 85-100, 2015.

KAUR, I.P.; CHOPRA, K.; SAINI, A. Probiotics: potential pharmaceutical applications. **European Journal of Pharmaceutical Science**, v.15, p.1-9, 2002.

KOLIDA, S.; GIBSON, G. R. Synbiotics in health and disease. **Annual Review o Food Science and Technology**, v.2, p.373-393, 2011.

LAVANDA, I.; SAAD, S. M. I.; LOBO, A. R.; COLLI, C. Prebióticos y su efecto em la biodisponibilidad del cálcio. **Revista de Nutrição**, v.24, n.2, p.333-344, 2011.

LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 5, 1998.

MACHADO, G. M.; COSTA, R. G. B.; COSTA JUNIOR, L. C. G.; SOBRAL, D.; TAVEIRA, L. B.; SOUZA, B. M. Aspectos físico-químicos de queijo de coalho fabricado com o uso de ácido lático. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 3, p. 421-428, 2011.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Perfil reológico de textura da massa e do pão de queijo. **Ciênc. agrotec.**, v. 34, n. 4, p. 1009-1014, 2010 .

MANNING, T. S.; GIBSON, G. R. Microbial-gut interactions in health and disease. **Prebiotics**. Best Pratice Research Clinical Gastroenterology, v.18, n. 2, p.287-298, 2004.

MELO, T. A.; RIBEIRO, M. A.; LAVINAS, F. C.; RODRIGUES, I. A. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do rio de janeiro. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v. 10, n. 1, 2016.

MEYER, D.; BAYARRI, S.; TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1881-1890, 2011.

MENSINK, M. A.; FRIJLINK, H. W.; MAARSCHALKA, K. V. V.; Hinrichs, W. L. J. Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. **Carbohydrate Polymers**, n. 130, p. 405–419, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Determinação do índice de caseíno-macropeptídeo em leite por cromatografia de exclusão por tamanho**. LANAGRO/RS, 2014. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Laborat%C3%B3rios/Metodos%20IQ%20POA/Leite%20e%20Produtos%20Lacteos/MET%20POA%20SLAV%2003%2006%20Caseinomacropeptideo.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro de 2017.

MINOLTA, K. **Controle de cor na indústria alimentícia: a cor da qualidade**. Cor & Aparência: Notas de aplicação. USA, 2017.

MICHELON, M.; MANERA, A.P.; CARVALHO, A.L.; FILHO, F.M. Concentration and purification of galactooligosaccharides using nanofiltration membranes. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 1953-1961, 2014.

MIOČINOVIĆ, J.; PUDA, P.; RADULOVIĆ, Z.; PAVLOVIĆ, V.; MILORADOVIĆ, Z.; RADOVANOVIC, M. Development of low fat UF cheese technology. **Mljarstvo**, v. 61, p. 33–44, 2011.

MOHSENIN, NN. **Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics and mechanical properties**. 2^a ed. Canadá, Gordon and Breach Publishers: 1986. 891p.

MORAES, F. P.; COLLA; L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista eletrônica de farmácia**, v. 3, n.2, p.109-122, 2006.

MODZELEWSKA-KAPITUŁA, M.; KŁĘBUKOWSKA, L.; KORNACKI, K. Influence of inulin and potentially probiotic *Lactobacillus plantarum* strain on microbiological quality and sensory properties of soft cheese. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 57, p. 143–146, 2007.

MOURA, C. V. R.; BELTRÃO, F. A. S.; SOUSA, S.; SOUSA, W. F. C.; ANDRADE, A. E. B. **Processo para obtenção de queijo tipo chevrotin simbiótico produzido com leite bovino, de cabra e/ou híbrido.** Brasil BR 10 2014 028655 1 A2, 2016.

MUNIR, M.T., YU, W., YOUNG, B.R. A software algorithm/package for control loop configuration and eco-efficiency. **ISA Transactions**, v. 51, n.6, p. 827–833, 2012.

NASSU, R. T.; MACEDO, B. A.; LIMA, M. H. P. **Queijo Coalho.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2006.

NASSU, R.T.; ARAUJO, R.S.; BORGES LIMA, J.R.; MACEDO, B.A.; LIMA, M.H.P.; BASTOS, M.S.R. **Diagnóstico das condições de processamento de produtos regionais derivados do leite no estado do Ceará.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA. Fortaleza, 2001.

NEVEN, E. Inulina e oligofructose: ingredientes multifuncionais para o desenvolvimento de produtos lácteos. **Leite e Derivados**, São Paulo, n. 61, p.32-37, nov./dez., 2001.

NITZKE, J. A. Alimentos Funcionais – Uma Análise Histórica e Conceitual. **Agronegócio: panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados.** Curitiba : Appris, p. 11-23, 2012.

NINNESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1402–1406, 1999.

NYMAN, M. Fermentation and bulking capacity of indigestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v.87, p.163-168, 2002.

OLIVEIRA, D.F.; BRAVO, C.E.C.; TONIAL, I.B. Soro de leite: Um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Guias para o gerenciamento dos riscos sanitários em alimentos.** Rio de Janeiro: Área de Vigilância Sanitária, Prevenção e Controle de Doenças - OPAS/OMS, 2009.

PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do Histórico à salga. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, n. 367-368, v. 64, p. 19-25, 2009.

PIMENTEL, C. T.; GARCIA, S.; PRUDENCIO, S. H. Aspectos funcionais, de saúde e tecnológicos de frutanos tipo inulina. **B. CEPPA**, n. 1, v. 30, p. 103-118, 2012.

PINTO, A. L. D.; PAIVA, C. L. Developing a functional ready to bake dough for pies using the Quality Function Deployment (QFD) method. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, n. 1, p. 36-43, 2010.

PIZAIA, P. D.; SPADOTI, L. M.; NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J. R. F.; ROIG, S. M. Composição, proteólise, capacidade de derretimento e formação de "blisters" do queijo mussarela obtido pelos métodos tradicional e de ultrafiltração. **Food Science and Technology**, v. 23, n. 3, p. 485-491. Campinas, 2003.

PUBCHEM. **Inulin from Chicory**. 2017. Disponível em:

<<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16219508#section=Top>> Acesso em: 08 de janeiro de 2017.

QUEIROZ, A. A. M. de. **Caracterização molecular de bactérias ácido lálicas com potencial tecnológico para produção de queijo de coalho no Ceará**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 48. EMBRAPA. Fortaleza, 2011.

RASTALL, R.; MAITIN, V. Prebiotics and synbiotics:towards the next generation. **Current opinion in Biotechnology**, v.13, p.490-496, 2002.

REYNOLDS, T.; MARTIROSYAN, D. M. Nutrition by design: a review of biotechnology in functional food of plant origin. **Functional Foods in Health and Disease**, v. 6, n. 2, p. 110-112, 2016.

RIBEIRO, J. V.; BOMFIM, R. O.; SILVA, S. W. S. **Determinação do perfil sócio-econômico das unidades produtoras de derivados do leite - fabriquetas, localizadas no território do alto sertão sergipano**. EMDAGRO. SEADA: ASCOM, Sergipe, 2011.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica descritiva por ordenação.** Dissertação de Mestrado. Londrina, PR: UEL, 2006.

ROBERFROID, M. B. Caloric value of inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, v.129, n.7, p.1436-1437, 1999.

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, v. 34, suppl. 2, p. 1-16, 2006.

ROBERFROID, M.B. General introduction: prebiotics in nutrition. **Handbook and prebiotics.** Boca raton: CRC Press, cap. 1, p.1-12, 2008.

ROBERFROID, M. B. Prebiotics: the concept revisited. **Journal of Nutrition**, v.137, p.830-837, 2007.

ROCHA, A. P.; ABREU, R. D.; COSTA, M. C. M. M.; OLIVEIRA, G. J. C.; ALBINATI, R. C. B.; PAZ, A. S.; QUEIROZ, L. G.; PEDREIRA, T. M. Prebióticos, ácidos orgânicos e probióticos em rações para frangos de corte. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.3, p.793-801, 2010.

ROCHA, J. R.; CATANA, R.; FERREIRA, B. S.; CABRAL, J. M. S.; FERNANDES, P. Desing and characterisation of na enzyme system for inulin hydrolysis. **Food Chemistry**, v.95, p77-82, 2006.

ROLIM, P. M. Development os prebiotic food products and health benefits. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2015.

RONCATTI, R. **Desenvolvimento e caracterização do queijo santo giorno, típico do sudoeste do paraná, produzido com leite cru e fermento endógeno.** Dissertação de Mestrado. Pato Branco, PR: UTFPR, 2006.

SAAD, S. M. I.; Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 42, n. 1, 2006.

SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos - Fundamentos e Aplicações Tecnológicas.** 1ed: Varrela, 2011.

SANTOS, J. S.; JALALI, V. R. R.; CASTRO, A. A.; SILVA, G.F.; SANTANA, M. M.; SANTOS, R. D. Avaliação da qualidade físico-química dos queijos artesanais produzidos no estado de Sergipe. **Higiene Alimentar**, v.21, n.150, p. 314, 2006.

SANTOS, B. M.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUSA, Y. R. F.; MADUREIRA, A. R. M. F. M.; PINTADO, M. M. E.; GOMES, A. M. P.; SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v.70, n.3, p.302-10, 2011.

SALEM, M. M. E.; ABD EL-GAWAD, M. A. M.; HASSAN, F. A. M.; EFFAT, B. A. Use of symbiotics for the production of functional low-fat Labneh. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 57, p. 151–159, 2007.

SENA, M. J.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; MORAIS, C. F. de A.; CORRÊA, E. S.; SOUZA, M. R. Características físico-químicas de queijo coalho comercializado em Recife, PE. **Revista Higiene Alimentar**, v.14, 2000.

SHOAIB, M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H.R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 444-454, 2016).

SIHUFÉ, G. A.; ZORRILLA, S. E.; RUBIOLO, A. C. The effect of trichloroacetic acid on water-soluble fractions from Fynbo cheese. **Food Chemistry**. n. 93, p. 305 -310, 2005.

SILVA, A. S. S.; HAAS, P.; SARTORI, N. T.; ANTON, A. A.; FRANCISCO, A. Frutoligossacarídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, p. 295-204, 2007.

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. Can artisanal “Coalho” cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food? **Food Chemistry**, v.135, p1533–1538, 2012.

SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F.; OLIVEIRA, I. R. N. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v.117, p.538-544, 2013.

SILVA, M. C. D.; RAMOS, A. C. S.; MORENO, I.; MORAES, J.O. Influência dos procedimentos de fabricação nas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de queijo de coalho. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v.69, n.2, p. 214-21, 2010.

SILVA, A. C. C.; SILVA, N. A.; PEREIRA, M. C. S.; Alimentos Contendo Ingredientes Funcionais em sua Formulação. **Revisão Conexão Ciência**, v.11, n.2, p.133-144, 2016.

SILVA, S. S. **Comportamento mecânico do queijo de coalho tradicional, com carne seca, tomate seco e orégano armazenados sob refrigeração**. Dissertação de Mestrado. Itapetinga. BA: UESB, 2013.

SOUZA, A. Z. B.; ABRANTES, M. R.; SAKAMOTO, S. M.; SILVA, J. B. A.; LIMA, P. O.; LIMA, R. N.; ROCHA, M. O. C.; PASSOS, Y. D. B. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. **Food Safety**, v.81, p.30-35, 2014.

SOUZA, A. B.; COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PERRONE, I. T.; STEPHANI, R.; ALMEIDA, D. F. Parâmetros de textura em queijos processados: influência da utilização de concentrados proteicos de leite e de soro. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 181-192, 2014.

SOLAGNA, T.; RODRIGUES, B. M.; DOS SANTOS, N. M.; CANDIDO, C. J.; DOS SANTOS, E. F., NOVELLO, D. Pretzels integrais adicionados de inulina: avaliação físico-química e sensorial entre crianças. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.14, n.1, p. 212-226, 2016.

SPIEGEL, J.E.; ROSE, R.; KARABELL, P.; FRANKOS, V. H.; SCHIMITT, D. F. Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. **Food Technology**, v.48, n.1, p.85-89, 1994.

TONELI, J. T. C. L.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X.; NEGREIROS, A. A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 122-131, 2008.

TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M. L.; PHILIPPI, S. T.; RODRIGUES, R. S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.20, n.2, 2000.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Non digestible oligo-and-polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Review in Food Science and Food Safety**, Westport, v. 3, n.27, p. 73-92, 2002.

TRYSTRAM, G. Modelling of food and food processes. **Journal of Food Engineering** , v. 110, n.2, p.269–277, 2012.

UNIVERSITY OF ILLINOIS. **Biochemical Characteristics of Milk Proteins.** 2010. Disponível em:
[<http://ansci.illinois.edu/static/ansc438/Milkcompsynth/milksynth_proteinbiochem.html>](http://ansci.illinois.edu/static/ansc438/Milkcompsynth/milksynth_proteinbiochem.html). Acesso em 02 de janeiro de 2017.

VALCHEVA, R.; DIELEMAN, L. A. Prebiotics: Definition and protective mechanisms. **Best Practice & Clinical Gastroenterology**, v. 30, p. 27-37, 2016.

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

VIDAL, R.H.L. **Diagnóstico regional do processo de queijo de coalho comercializado em Natal/RN.** 96p. 2011. Dissertação de Mestrado. Natal, RN:UFRN, 2011.

VIEIRA, M.L.M.; VAZ, A.P.L.; FARO, Z.P. Avaliação de laudos analíticos de queijo tipo coalho, à luz das Legislações Federal e Estadual de Pernambuco. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n. 109, p. 19-24, 2003.

VISSEER, J. Factors affecting the rheological and fracture of hard and semi-hard cheese. In P. Walstra, & T. van Vliet (Eds.). **Bulletin of the International Dairy Federation** No 268 (p.49-61), 1991.

WORLD GASTROENTEROLOGY ORGANISATION. **Guias práticas: probióticos e prebióticos.** [S.I.]: OMGE, 2008. 22P. Disponível em http://www.worldgastroenterology.org/assets/downloads/pt/pdf/guidelines/19_probiotics_prebiotics_pt.pdf. Acesso em: 12 jun, 2015.

YANG, L; HE, Q. S.; CORSCADDEN, K.; UDENIGWE, C. C. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. **Biotechnology Reports**, n. 5, p. 77-88, 2015.

ZAMORA-VEJA, R.; MONTANEZ-SOTO, J.L.; VENEGAS-GONZALEZ, J.; BERNARDINO-NICANOR, A.; CRUZ, L. G.; MARTINEZ-FLORES, H. E. Development and characterization of a symbiotic cheese added with *Saccharomyces boulardii* and inulin, **African Journal of Microbiology Research**, v. 7 p. 2828-2834, 2013.

ZACARCHENCO, P.B.; GALLINA, D.A.; VAN DENDER, A.G.F.; MORENO, I.; Prebióticos em produtos lácteos. Anuário Leite e Derivados. **Aditivos e ingredientes**, 2013.

ZAMORA-VEGA, R.; MONTANEZ-SOTO, J. L.; VENEGAS-GONZÁLEZ, J.; BERNARDINO-NICANOR, A., CRUZ, L. G.; MARTÍNEZ-FLORES, H. E. Development and characterization of a symbiotic cheese added with *Saccharomyces boulardii* and inulin. **African Journal of Microbiology Research**, v. 7, p. 2828–2834, 2013.

ZHANG, Y.; MUNIR, M. T.; YU, W.; YOUNG, B. R. Development of hypothetical components for milk process simulation using a commercial process simulator. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 87-93, 2014.

APÊNDICE

APÊNDICE I

-FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

TESTE DE ACEITAÇÃO

NOME: _____	DATA: _____																																																
<p>Você está recebendo duas amostras de queijo de coalho codificadas. Por favor, avalie da esquerda para a direita as amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou das amostras de acordo com cada parâmetro analisado.</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Escala</th> <th style="text-align: center;">Código da amostra: _____</th> <th style="text-align: center;">Código da amostra: _____</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9- gostei extremamente</td> <td>Aparência: _____</td> <td>Aparência: _____</td> </tr> <tr> <td>8- gostei muito</td> <td>Cor: _____</td> <td>Cor: _____</td> </tr> <tr> <td>7- gostei moderadamente</td> <td>Aroma: _____</td> <td>Aroma: _____</td> </tr> <tr> <td>6- gostei ligeiramente</td> <td>Textura: _____</td> <td>Textura: _____</td> </tr> <tr> <td>5- nem gostei/nem desgostei</td> <td>Sabor: _____</td> <td>Sabor: _____</td> </tr> <tr> <td>4- desgostei ligeiramente</td> <td>Impressão Global: _____</td> <td>Impressão Global: _____</td> </tr> <tr> <td>3- desgostei moderadamente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2- desgostei muito</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1- desgostei extremamente</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Por favor, avalie cada amostra de queijo de coalho segundo a sua intenção de compra.</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Escala</th> <th style="text-align: center;">Cód. da amostra: _____</th> <th style="text-align: center;">Cód. da amostra: _____</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5- certamente compraria o produto</td> <td>Valor: _____</td> <td>Valor: _____</td> </tr> <tr> <td>4- possivelmente compraria o produto</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3- talvez comprasse/talvez não comprasse</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2- possivelmente não compraria o produto</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1- certamente não compraria o produto</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Comentários:</p> <hr/> <hr/>		Escala	Código da amostra: _____	Código da amostra: _____	9- gostei extremamente	Aparência: _____	Aparência: _____	8- gostei muito	Cor: _____	Cor: _____	7- gostei moderadamente	Aroma: _____	Aroma: _____	6- gostei ligeiramente	Textura: _____	Textura: _____	5- nem gostei/nem desgostei	Sabor: _____	Sabor: _____	4- desgostei ligeiramente	Impressão Global: _____	Impressão Global: _____	3- desgostei moderadamente			2- desgostei muito			1- desgostei extremamente			Escala	Cód. da amostra: _____	Cód. da amostra: _____	5- certamente compraria o produto	Valor: _____	Valor: _____	4- possivelmente compraria o produto			3- talvez comprasse/talvez não comprasse			2- possivelmente não compraria o produto			1- certamente não compraria o produto		
Escala	Código da amostra: _____	Código da amostra: _____																																															
9- gostei extremamente	Aparência: _____	Aparência: _____																																															
8- gostei muito	Cor: _____	Cor: _____																																															
7- gostei moderadamente	Aroma: _____	Aroma: _____																																															
6- gostei ligeiramente	Textura: _____	Textura: _____																																															
5- nem gostei/nem desgostei	Sabor: _____	Sabor: _____																																															
4- desgostei ligeiramente	Impressão Global: _____	Impressão Global: _____																																															
3- desgostei moderadamente																																																	
2- desgostei muito																																																	
1- desgostei extremamente																																																	
Escala	Cód. da amostra: _____	Cód. da amostra: _____																																															
5- certamente compraria o produto	Valor: _____	Valor: _____																																															
4- possivelmente compraria o produto																																																	
3- talvez comprasse/talvez não comprasse																																																	
2- possivelmente não compraria o produto																																																	
1- certamente não compraria o produto																																																	

APÊNDICE II

-TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIMENTO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa Desenvolvimento e caracterização de queijo coalho prebiótico, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Victória Mauricio Teixeira (Rua do Navegantes, 2434/1104, Boa viagem, Pernambuco, CEP: 51020-001 – Telefone: (81)999922-6044, e-mail: victoria.m.teixeira@gmail.com). Está sob a orientação de: Silvana Salgado (Telefone: 99212-1576, e-mail: silvanasalgado@ufpe.br).

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam comprehensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde, não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

Descrição da pesquisa: o objetivo do trabalho consiste em desenvolver um queijo de coalho com efeitos prebiótico sem modificar suas propriedades, será feita uma análise sensorial utilizando testes afetivos os participantes serão convidados a avaliar aroma, cor, textura, sabor, consistência e qualidade global por meio de uma escala hedônica, os três melhores produtos no atributo qualidade global serão submetidos ao teste de diferença do controle por meio de uma escala de 9 pontos, serão também efetuados os testes sensoriais afetivos de ordenação e de intenção de compra.

O voluntario participará da avaliação durante 10 minutos. Riscos: Durante o processo de produção do queijo pode haver um risco mínimo de contaminação do queijo com micro-organismos. O que será feito para evitar: boas práticas de manipulação, higienização, análise microbiológica antes do consumo e cozimento da massa do queijo produzido (Obs: Não haverá desconforto sensorial, pois a dose de inulina que não é permitida pela ANVISA está entre 25 a 30g de inulina por porção. Estudos demonstram que esse valor alto é responsável pelo desconforto. O percentual que será usado no projeto está dentro do que foi estabelecido pela ANVISA). Benefícios: A inulina está associada a melhorias no sistema gastrintestinal e no sistema imunológico por funcionar como prebiótico. Ela também aumenta a absorção de Ca e Mg pelo organismo, reduz o conteúdo de triglicérides no sangue e no fígado, reduz a constipação, influência na glicemia/insulinemia, na colesterolemia, na uremia e na excreção de nitrogênio/ureia, no câncer de colón e de mamas. O Ministério da Saúde já aprovou a propriedade funcional da inulina, pois são fibras alimentares que contribuem para o equilíbrio da microbiota intestinal, ao associar seu consumo com uma alimentação equilibrada e hábitos saudáveis. Prebióticos, como a Inulina, atuam no intestino grosso, estimulando seletivamente o crescimento de bactérias bifidias resistentes no trato gastro digestório, modificando a microbiota em favor de uma composição mais saudável. Com objetivo de maximizar as funções fisiológicas de cada indivíduo, de maneira a assegurar tanto o bem-estar quanto a saúde, e diminuir o risco de desenvolvimento de doenças ao longo da vida.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo Desenvolvimento e Caracterização de Queijo de Coalho Pebiótico, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE III

Cálculo do percentual de inulina perdido no processo de produção do queijo de coalho.

Em 100 g de queijo de coalho obteve-se 6,15 g de inulina (Tabela 6), para 1 kg de queijo obtém-se o valor mostrado através da Equação 6.

$$100 \text{ g de queijo} \cdots\cdots 6,15 \text{ g de inulina}$$

$$\begin{aligned} 1000 \text{ g de queijo} &\cdots\cdots x \\ x &= 61,5 \text{ g} \end{aligned} \tag{6}$$

Como foram adicionados 150 g de inulina a massa de queijo, logo o percentual de inulina que permaneceu no queijo pode ser observado na Equação 7.

$$150 \text{ g de inulina} \cdots\cdots 100\%$$

$$\begin{aligned} 61,5 \text{ g de inulina} &\cdots\cdots x \\ x &= 41\% \end{aligned} \tag{7}$$

Logo, o percentual de inulina perdida pode ser observada na Equação 8.

$$100\% - 41\% = 59\% \text{ de inulina} \tag{8}$$

ANEXOS

Anexo I

--CERTIFICADO DE GARANTIA DE QUALIDADE: INULINA

GARANTIA DA QUALIDADE



Certificado de análise Data : 24.07..
Página: 1 / 2

Material :ORAFTI (Beneo) GR 0025
Código :16263114988
Lote :RRYFS4AFS4
Fabricação :11.05.2014
Validade :11.05.2017

- * Estes dados refletem os resultados dos controles realizados sobre uma amostra representativa e não eximem o cliente de realizar seu controle no recebimento deste material/lote.
- * A empresa não se responsabiliza pelo uso inadequado que se faça do produto ou da informação que lhe foi enviada.

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
Matéria Seca (grav.)	95,0 - 99,0	97,2 %
pH	5,0 - 7,0	5,1
Condutividade	0 - 249	17 μ s
Inulina (base seca)	90,0 - 100,0	92,8 %
Glicose+Frutose+Sacarose (base seca)	0,0 - 10,0	7,2 %
Contagem total em placa (base seca)	0 - 1000	0 ufc/g
Leveduras (base seca)	0 - 20	0 ufc/g
Fungos (base seca)	0 - 20	0 ufc/g
Limpidez (10g/100g) - Límpido		Conforme
Coloração Visual - Branco		Conforme
Granulometria por MasterSizer (D0,8)	-	195 μ m
Granulometria por MasterSizer (D0,1)	-	50 μ m
Sabor - Levemente adocicado		Conforme

GARANTIA DA QUALIDADE

CLARIANT
C e r t i f i c a d o d e a n á l i s e

Data : 24.07.

Página: 2 / 2

Material	: ORAFTI (Beneo) GR	0025
Código	: 16263114988	
Lote	: RRYFS4AFS4	
Fabricação	: 11.05.2014	
Validade	: 11.05.2017	

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
Fabricante: Beneo Orafti - Chile		Conforme
MasterSizer D0,1:		
Dimensão máxima dos 10% das menores partículas. Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação.		
MasterSizer D0,8:		
Dimensão mínima dos 20% das maiores partículas. Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação		

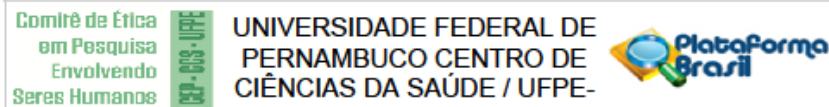
É inodoro ou possui leve odor característico de inulina.

Certificado emitido eletronicamente e não necessita ser assinado

*** FINAL DO DOCUMENTO ***

Anexo II

PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJO DE COALHO PREBIÓTICO

Pesquisador: Victória Mauricio Teixeira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57635416.5.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.707.431

Apresentação do Projeto:

Trata-se de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, da aluna VICTÓRIA MAURICIO TEIXEIRA, sob orientação da Profa. Dra. Yêda Medeiros Bastos e coorientação Samara Alvachian Cardoso de Andrade e Silvana Magalhães Salgado.

Objetivo da Pesquisa:

PRIMÁRIO - Desenvolver queijo de coalho prebiótico.

SECUNDÁRIO: -

1. Definir a concentração de inulina e o tempo de maturação do queijo de coalho;
2. Caracterizar o queijo de coalho quanto aos parâmetros sensoriais e físico-químicos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS - Durante o processo de produção do queijo pode haver um risco mínimo de contaminação do queijo com microrganismos. As boas práticas de manipulação, higienização, análise microbiológica antes do consumo e cozimento da massa do queijo produzido devem minimizar os

Endereço:	Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS		
Bairro:	Cidade Universitária	CEP:	50.740-600
UF:	PE	Município:	RECIFE
Telefone:	(81)2126-8588	E-mail:	cepoocs@ufpe.br