

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

ANA CAROLINE SILVESTRO

**INFLUÊNCIA DA TRANSGLUTAMINASE NO RENDIMENTO DE QUEIJO DE
COALHO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

ANA CAROLINE SILVESTRO

INFLUÊNCIA DA TRANSGLUTAMINASE NO RENDIMENTO DE QUEIJO DE COALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a conclusão do Curso Bacharelado em Química – habilitação bacharelado da UTFPR – Campus Pato Branco.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simone Beux.

PATO BRANCO

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado. Influência da Transglutaminase no Rendimento de Queijo de Coalho foi considerado APROVADO de acordo com a ata da banca examinadora N° 6.1.2019-B de 2019.

Fizeram parte da banca os professores.

Simone Beux
Orientador

Ana Paula Bilck
Membro da Banca

Marina Leite Mitterer Daltoe
Membro da Banca

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Edite Ana, batalhadora, meu exemplo de vida que sempre confiou em mim, me fez ser quem sou hoje e, mesmo longe, nunca deixou de estar ao meu lado me dando amor, carinho, incentivo, compreensão e me apoiou incondicionalmente para que eu sempre pudesse realizar meus sonhos.

Aos meus irmãos, Bárbara e Gabriel, que apesar de nossas inúmeras diferenças sempre amarei e são o motivo pelo qual busco um futuro melhor.

Aos meus avós, Olivo e Nelci, pessoas humildes que sempre me acolheram em momentos de dificuldades e me proporcionaram imensas alegrias.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Edite Ana Mezzalira, aos meus, irmãos Bárbara Silvestro e Gabriel Silvestro, aos meus avós, Olivo José Mezzalira e Nelci Calgarotto Mezzalira por todo amor, carinho e apoio nessa árdua caminhada.

A Prof^a. Dr^a. Simone Beux, pelo imenso aprendizado, confiança, orientação, acompanhamento e críticas construtivas.

Ao Prof. Mestre Edilson da Silva Ferreira, pelos momentos em que cheguei desesperada pedindo ajuda e sempre se prontificou em ajudar.

Aos membros da banca pelas sugestões construtivas no trabalho.

A minha querida amiga, irmã e parceira, Cristielen Rizzon Massaroli, pelos nossos anos de amizade, pelo carinho, incentivo, apoio e compreensão. Também agradeço pelas tardes e noites de ajuda em laboratório, por me proporcionar inúmeros momentos maravilhosos de descontração e loucura, compartilhando de todas as frustrações e alegrias.

Ao meu namorado, amigo e parceiro, Jhonathan Rodrigues Pires da Silva, que me trouxe imensa alegria, por sempre confiar no meu potencial e me convencer da minha capacidade, por me dar forças nos momentos mais difíceis, por entender os momentos de ausência, pelos almoços, lanches e jantares preparados e pelos momentos maravilhosos de descontração.

Ao meu amigo, Marcelo Luis Kuhn Marchioro, pela amizade durante essa caminhada e pelas tardes me ajudando nas análises.

Aos meus amigos, Alana Cristina Scatollin, Camila Ramos Fuccillo, Murilo Marmantini e Paulo Henrique Marangoni, pelos anos de amizade, pelo incentivo e pelos momentos de risadas.

Aos meus amigos, Edson Machado e Silva Junior, Mayara Canto Angheben, Nayara Cristina Rossini Sangalli e Tiago Machado e Silva, pela amizade, pelo incentivo e pelos momentos maravilhosos de descontração.

Aos meus amigos, Ederson Beraldo Pontes e Marines Pires, amigos que fiz durante a longa jornada no trabalho, pelo incentivo, apoio e amizade nos momentos em que mais precisei.

E a todos os meus familiares, colegas e professores que me acolheram e de algum modo contribuíram em todos esses anos, muito obrigada.

RESUMO

SILVESTRO, Ana Caroline. Influência da Transglutaminase no Rendimento de Queijo de Coalho. 2019. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

O queijo de coalho é um produto característico do nordeste brasileiro, sendo utilizado como queijo de mesa, atuando diretamente na economia local. Em outras regiões do Brasil, o produto vem se difundindo e sendo consumido sob forma de espeto para churrasco. Esse queijo é elaborado, basicamente, com leite, coalho e sal, porém, de acordo com a legislação vigente, pode ou não conter adição de condimentou e/ou aditivos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da enzima transglutaminase microbiana nas propriedades físico-químicas e rendimento do queijo de coalho. Para a produção do queijo de coalho foi utilizado leite pasteurizado, coagulante, cloreto de cálcio, sal e enzima transglutaminase microbiana, na concentração de 0,2% em relação ao leite, a qual ficou incubada por 20 minutos a uma temperatura de 40 °C. Os queijos elaborados com e sem enzima foram comparados por meio de rendimento, análises físico-químicas. O leite apresentou 3,63% de teor de lipídio, densidade igual 1,030 g/cm³, acidez total de 0,18 g de ácido láctico por 100 mL, extrato seco total de 12,08 g e o teor de proteína de 3,55g. O rendimento com adição da enzima aumentou em média de 11,67% em relação aos elaborados tradicionalmente. Os queijos elaborados tradicionalmente foram classificados como massa branda ou macia por apresentarem umidades de 50,92 e 50,60% e os teores de lipídios de 19,17 e 18,67% os classificaram como queijos magros. Os queijos elaborados com adição da transglutaminase microbiana foram classificados como queijos de massa branda ou mole por apresentarem umidades de 55,02 e 57,30% e os teores de lipídios de 15,33 e 16,50% os classificaram como queijos magros. Os queijos elaborados apresentaram alta luminosidade chegando próximo ao ponto mais alto e os queijos com adição da enzima apresentaram intensidade de amarelo (10,92 e 10,61) inferiores aos queijos elaborados tradicionalmente (12,14 e 12,33) devido ao teor de lipídios.

Palavras chave: Laticínio. Indústria queijeira. Enzima microbiana.

ABSTRACTS

SILVESTRO, Ana Caroline. Influence of Transglutaminase in the yield of a curd cheese. 2019. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

The rennet cheese is a characteristic product of the Brazilian northeast, being used as table cheese, acting directly in the local economy. In other regions of Brazil, the product has been spreading and being consumed as a barbecue skewer. This cheese is basically made with milk, rennet and salt, but according to the current legislation it may or may not contain added spices and / or additives. The objective of the present work was to evaluate the influence of the microbial transglutaminase enzyme on the physico-chemical properties and yield of rennet cheese. For the production of rennet cheese, pasteurized milk, coagulant, calcium chloride, salt and microbial transglutaminase enzyme were used in the concentration of 0.2% in relation to the milk, which was incubated for 20 minutes at a temperature of 40 ° C. The cheeses prepared with and without enzyme were compared by means of yield, physical-chemical analyzes. The milk presented 3.63% of lipid content, density equal to 1.030 g / cm³, total acidity of 0.18 g of lactic acid per 100 mL, total dry extract of 12.08 g and the protein content of 3.55 g. The yield with addition of the enzyme increased by 15 and 9.17% over those traditionally elaborated. Traditionally, the cheeses were classified as soft or soft dough because they presented 50.92 and 50.60% moisture and the lipid contents of 19.17 and 18.67% classified them as lean cheeses. Cheeses prepared with addition of microbial transglutaminase were classified as soft or soft cheeses because they had a moisture content of 54.92 and 57.30%, and the lipid contents of 15.33 and 16.50% classified them as lean cheeses. Those that elaborated the high luminosity to the near highest point and the cheeses with the addition of the enzyme the intensity of the yellow energy (10,92 and 10,61) were more important than those elaborated traditionally (12,14 and 12,33) due to lipid content.

Keywords: Dairy. Cheese industry. Microbial enzyme.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da elaboração do queijo de coalho.....	17
Figura 2 - Reações catalisadas pela TG – (A) acil transferência, (B) ligação cruzada e (C) deamidação.....	18
Figura 3 - Atividade relativa da transglutaminase microbiana em relação ao pH.	19
Figura 4 - Atividade relativa da transglutaminase microbiana em relação à temperatura.....	19
Figura 5 - Espaço uniforme de cor L*a*b*	22
Figura 6 – Fluxograma da produção do queijo de coalho.....	26
Figura 7 - Produto final obtido Queijo Tradicional 1 (QT1).	30
Figura 8 - Produto final obtido Queijo Tradicional 2 (QT2).	31
Figura 9 - Produto final obtido Queijo com Transglutaminase Microbiana 1 (MTG1).	31
Figura 10 - Produto final obtido Queijo com Transglutaminase Microbiana 2 (MTG2).	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos para o leite cru, segundo Instrução Normativa nº 76/2018.....	14
Tabela 2 - Classificação do queijo quanto a umidade.....	23
Tabela 3 - Classificação do queijo quanto ao seu teor de gordura.	23
Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos para o leite cru, segundo a Instrução Normativa nº 76/2018.....	30
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos para o queijo.....	32
Tabela 6 – Teste t de significância dos parâmetros físico-químicos entre os dois tipos queijos.....	32
Tabela 7 - Parâmetro físico-químico cor, para o queijo.	34
Tabela 8 - Teste t de significância dos parâmetros de cor entre os dois tipos queijos.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 LEITE	14
3.2 QUEIJOS.....	15
3.2.1 Queijo de Coalho.....	15
3.4 TRANSGLUTAMINASE (TG)	17
3.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	21
3.4.1 Parâmetros físico-químicos do Leite	21
3.4.2 Parâmetros físico-químicos do Queijo.....	22
3.7 RENDIMENTO	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 MATERIAIS	25
4.2 MÉTODOS	25
4.2.1 Produção do queijo	25
4.2.2 Parâmetros físico-químicos do leite	27
4.2.2.1 Acidez em grau Dornic	27
4.2.2.3 Densidade	27
4.2.2.4 Extrato seco total (EST)	27
4.2.2.5 Proteína Bruta	27
4.2.2.6 Teor de Gordura.....	28
4.2.3 Parâmetros físico-químicos do queijo	28
4.2.3.1 Cor.....	28
4.2.3.2 Umidade	28
4.2.3.3 Proteína bruta.....	29
4.2.3.4 Teor de Gordura.....	29
4.2.3.5 Rendimento	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE.....	30
5.2 PRODUÇÃO DO QUEIJO.....	30

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO QUEIJO	32
5.3.1 Cor.....	34
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Por ser um dos produtos mais tradicionais do nordeste brasileiro, o queijo de coalho tem uma ampla importância socioeconômica atuando diretamente na geração de emprego e procedente de renda regional. Pequenas unidades, principalmente as localizadas na zona rural, ainda utilizam a fabricação artesanal a partir do leite cru (PEREZ 2005).

O leite utilizado na produção de escala industrial é o pasteurizado, garantindo uma maior segurança microbiológica em relação ao queijo produzido em unidades que utilizam a produção artesanal, entretanto suas características sensoriais são afetadas (PEREZ 2005).

Na região nordeste, essa variedade é utilizada como queijo de mesa, já em outras regiões, a variedade vem se difundindo e sendo consumido sob forma de espeto para churrasco (PEREZ 2005).

O queijo de coalho é um concentrado de proteína, proveniente de um processo não fermentado, comercializado com até 10 dias após a sua fabricação (BRASIL, 2001).

Em alimentos que contêm proteína, a enzima transglutaminase (TG) catalisa três tipos de reações, a de acil-transferência, deamidação e ligação cruzada (LORENZEN, 2007). Tal enzima possui uma aplicação extremamente específica e eficiente em suas condições apropriadas, seu uso aprimora as propriedades funcionais em alimentos, tornando-a comum em diversas indústrias alimentícias (GERRARD, 2002).

As micelas das caseínas se unem no processo de coagulação formando um aglomerado de rede proteica e por meio de reações de ligações cruzadas, aumenta a capacidade de ligação e retenção de água entre as micelas

A TG é encontrada no mecanismo celular dos seres vivos e executa um papel importante em diversos processos biológicos (GERRARD, 2002).

Por possuir cadeias alifáticas, as frações de caseína presente no soro são extremamente penetráveis e versáteis, o que evidencia ser um substrato promissor para a enzima (BONISCH, TOLKACH & KULOSIK, 2006).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da enzima TG nas propriedades físico-químicas e rendimento do queijo de coalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o rendimento de queijos de coalho elaborados com e sem adição da enzima transglutaminase de origem microbiana e avaliar as características físico-químicas dos queijos obtidos.

2.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar a acidez, densidade, extrato seco total, proteína e teor de gordura do leite;
- Elaborar queijos de coalho tradicionais;
- Elaborar queijos de coalho com adição da enzima transglutaminase de origem microbiana;
- Avaliar o rendimento dos queijos;
- Determinar os parâmetros de cor dos queijos elaborados;
- Determinar os teores de umidade, proteína e gordura dos queijos elaborados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LEITE

Segundo a Instrução Normativa nº 76 de 26 de novembro de 2018 do Ministério da Agricultura pecuária e Abastecimento – MAPA, compreende o item precedente da ordenha completa, continua, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas, por leite. Carboidratos, lipídeos, proteínas, sais minerais e vitaminas formam uma combinação de sólidos que constituem, aproximadamente, de 12 a 13% do leite, juntamente com, aproximadamente, 87% de água, sendo assim uma das matérias primas mais ricas em qualidade nutricional.

As frações caseínas constituem o grupo base de proteínas do leite, juntamente com as proteínas de soro compõem o conjunto proteico do leite. As caseínas consistem em 76-88% das proteínas do leite, dividindo-se em, α_{s1} , β , κ -caseína e γ , as proteínas do soro consistem em 15-22%, dividindo-se em sérum albumina, β -lactoglobulina, α -lactalbumina e imunoglobina e as proteoses que consistem em 2-6% (TAMINE & ROBINSON, 1999).

Parâmetros lactose, proteínas, teor de gordura e vitaminas estão diretamente relacionados a alguns fatores como, alimentação, espécie e raça do animal, seleção ou melhoramento genético.

Para a garantia de qualidade e um padrão de identidade do leite comercializado, o MAPA definiu alguns parâmetros físico-químicos através da Instrução Normativa nº 76/2018 (BRASIL, 2018). Tais parâmetros estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos para o leite cru, segundo Instrução Normativa nº 76/2018.

Parâmetro	Limite
Acidez g ácido láctico/100 mL	0,14 a 0,18
Densidade (15°C)	1,028 a 1,034
Extrato seco total 100g	min. 11,4g
Teor de Gordura/100g	min. 3,0g
Teor de Proteína Total/100g	min. 2,9g

Fonte: BRASIL, 2018.

3.2 QUEIJOS

Com alto teor de proteína e nutrientes, o queijo se destaca significativamente entre os derivados lácteos. Muitas variedades foram surgindo através do desenvolvimento tecnológico, tornando-se característica regional (BORGES et al. 2003).

Novas demandas sociais foram surgindo e com elas a necessidade de atender todos os tipos de paladares. Com isso, novas formas de produção e conservação de queijos foram surgindo, resultando em um mercado extremamente amplo (DANTAS, 2010).

Os portugueses consumiam o queijo em vasta escala, trazendo-o para o Brasil junto com a colonização. Consumiam em variadas formas, desde refeição até como condimentos.

Origem do leite, processamento da massa, maturação e prensagem são fatores que influenciam na criação de uma ampla variedade de queijos, embora tenham, praticamente, a mesma forma de produção (ANDRADE 2006).

A portaria nº 146/1996 (BRASIL, 1996) define o queijo como um produto fresco ou maturado obtido através da separação parcial do soro do leite, ou de soro lácteos, coagulados pela ação do coalho, enzimas e bactérias específicas, ácidos orgânicos, com qualidade apta para uso, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos, substâncias aromatizantes ou matérias corantes.

3.2.1 Queijo de Coalho

O queijo de coalho é expressivamente importante no Nordeste brasileiro, atuando diretamente na importância social e econômica, pois é produzido por pequenos produtores estabelecidos na zona rural. Como são produzidos por pequenas indústrias que não adotam o manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e de forma artesanal pelos produtores rurais, sua comercialização é limitada (BORGES et al. 2003).

Dentre todas as etapas, a de cozimento da massa foi a que mais variou entre as diversas indústrias, com diferentes temperaturas e formas de aquecimento (BUZATO, 2011).

Devido a este fato, o MAPA definiu queijo de coalho através da Instrução Normativa nº 30/2001 (BRASIL, 2001) como a coagulação do leite por meio de coalho ou enzimas coagulantes, complementada ou não pela ação de bactérias lácteas e comercializado com até dez dias depois da data de fabricação.

É classificado como um queijo de média a alta umidade, de massa semi-cozida ou cozida. A adição de condimentos é permitida desde que seja mencionado no rótulo.

Basicamente, o queijo é um concentrado proteico-gorduroso que em combinação com a caseína forma um fator extremamente importante no rendimento, reologia e textura do queijo, a relação caseína/gordura nos permite obter queijos com características físico-químicas, textura e propriedades funcionais semelhantes (BUZATO, 2011).

Disseminadas em um sistema coloidal, as caseínas são desestabilizadas após a adição do coagulante, agregam-se para formar uma rede proteica onde as enzimas, gorduras, microrganismos, sólidos solúveis e umidade formam a coalhada (FOX; LUCEY; COGAN, 1990; MCMAHON; OBERG, 1998).

A formação da coalhada se dá em três etapas. Inicialmente ocorre a hidrólise enzimática da camada periférica da caseína, a fração k-caseína, a qual é liberada no soro por ser solúvel. Na segunda etapa, ocorre a formação da coalhada. E por fim, a maturação do queijo através das enzimas, conferindo sabor ácido (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

No fluxograma da Figura 1 estão apresentadas as etapas de produção do Queijo de Coalho de forma compactada, segundo Dantas (2012).

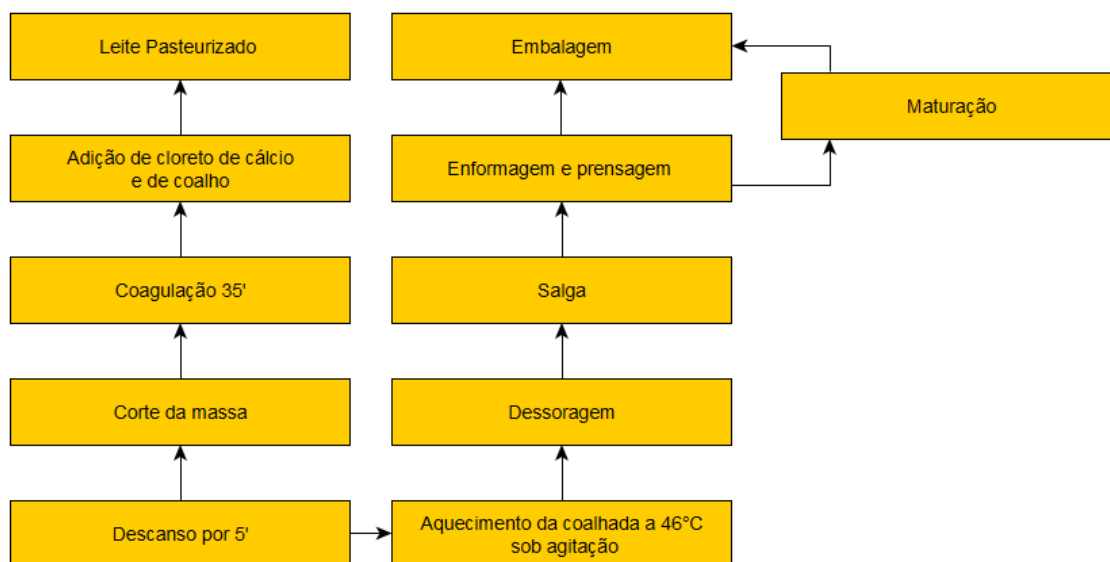


Figura 1 - Fluxograma da elaboração do queijo de coalho.
Fonte: DANTAS, 2012. *Adaptado.*

3.4 TRANSGLUTAMINASE (TG)

As primeiras transglutaminases foram incorporadas em 1959 do fígado de porquinho-da-índia, até o final dos anos 80, era a única TG acessível comercialmente (JAROS et al, 2006).

Em 1989, após uma distinção de 5.000 cepas, encontrou-se atividade de TG em diversos microrganismos (ANDO et al., 1989), dentre ele os microrganismos *Streptomyces mobaraense* e *Streptoverticillium mobaraense*. A transglutaminase atua transformando as características das proteínas (JAROS et, al., 2006).

A TG se encontra distribuída nos mais diversos tecidos de mamíferos, vegetais e microrganismos (JAROS et, al., 2006) composta por 331 aminoácidos (KANAJI et, al., 1993), agindo diretamente na coagulação sanguínea, cicatrização de feridas, queratinização da epiderme e o fortalecimento da membrana eritrócita (JAROS et, al., 2006).

As grandes redes proteicas, oriundas da reação de acil-transferência introduzida de ligações cruzadas, catalisada pela TG, alteram características dos alimentos, sem retirar valor nutricional ou alterar seu sabor proteínas (JAROS et, al., 2006), viabilizando proveitos para a indústria alimentícia e seus consumidores (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013) que não são afetados, pois o organismo humano é capaz de absorver as ligações formadas proteínas

(JAROS et al., 2006). Tamanho, estabilidade e conformação das proteínas são alteradas pelas ligações cruzadas covalentes que a enzima catalisa (TRUONG et al, 2004).

Na Figura 2 estão representadas as reações catalisadas pela transglutaminase. A reação A é a de acil-transferência, B de ligação cruzada e C de deamidação.

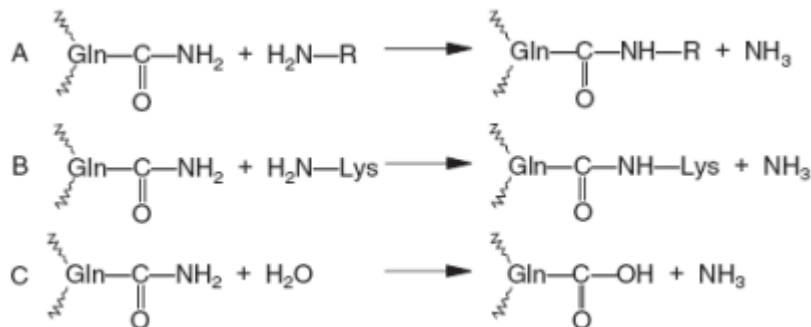


Figura 2 - Reações catalisadas pela TG – (A) acil transferência, (B) ligação cruzada e (C) deamidação.

Fonte: JAROS et al., (2006).

A TG é empregada para modificação das funcionalidade de proteínas, como a de soja, miosina, glúten, globulina, caseína e proteínas do soro (TRUONG et al, 2004). Sua capacidade de formação de géis, possibilita seu estudo de aplicação em inumeros alimentos (GERRARD, 2002).

A TG proveniente do fígado de porquinho-da-índia é dependente de Ca^{2+} , já a proveniente de microrganismos é totalmente independente, propriedade extremamente eficiente da modificação de proteínas (YOKOYAMA, NIO & KIKUCHI, 2004). Diferentemente da TG obtida de porquinho-da-índia que possui um ponto isolétrico de 4,5 a TG obtida de microrganismos possui ponto isolétrico de 9,0. Tem um ampla faixa de estabilidade, sua maior atividade está entre pH 5 e 8, mas apresenta atividade em pH 4 e 9 (ANDO et al., 1989).

A transglutaminase microbiana (MTG) é ativada a temperatura de 10 °C e sua melhor atividade se dá à 50 °C e com pH 6 por 10 minutos, mas a 70 °C perde sua atividade em poucos minutos (YOKOYAMA, NIO & KIKUCHI, 2004).

As Figuras 3 e 4 representam, respectivamente, a atividade relativa da transglutaminase microbiana em relação ao pH e a temperatura.

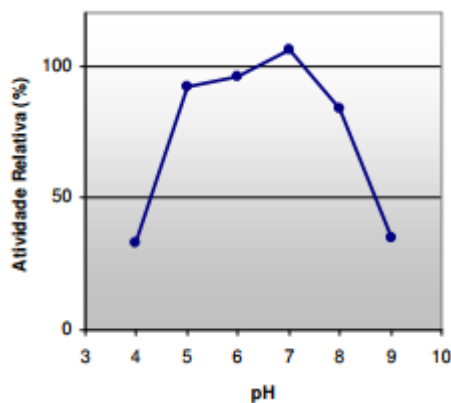


Figura 3 - Atividade relativa da transglutaminase microbiana em relação ao pH.
Fonte: Ando et al, 1989.

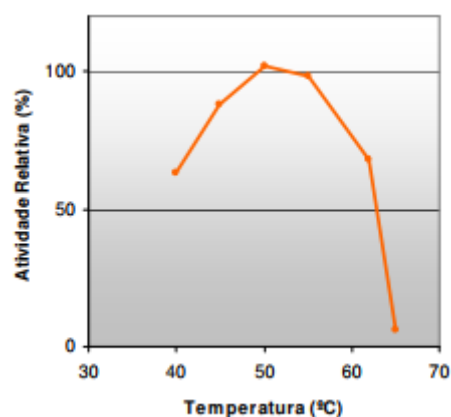


Figura 4 - Atividade relativa da transglutaminase microbiana em relação à temperatura.
Fonte: Ando et al, 1989.

A Tabela 2 mostra os tempos necessários para as reações em diversas temperaturas para obtenção do mesmo resultado de sua melhor temperatura, 50 °C, no pH 6 por 10 minutos.

Tabela 2 - Atividade da transglutaminase microbiana entre temperatura e tempo de reação.

Temperatura (°C)	Tempo (minutos)
5	240
15	105
20	70
30	35
40	20

Fonte: ANDO et al, 1989. Adaptado.

A MTG reage muito bem para as proteínas caseína e caseinato de sódio presentes no leite, para a proteína α -lactoalbumina reage bem e para a proteína

β -lactoglobulina reage dependendo das condições (SAKAMOTO, KUMAZAWA & MOTOKI, 1994).

A ligação cruzada é a reação mais eficaz ocorrendo por meio de grupos de resíduos de lisina que atuam como acil receptores, chamada de ligação ϵ -(γ -Glu)Lis. Ela promove alterações nas propriedades físicas dos alimentos, acarretando efeitos nas proteínas presentes, essa ligação pode ser intermolecular e intramolecular. Capacidade de gelificação, capacidade de se ligar à água, estabilidade térmica e viscosidade, são os principais efeitos causados pela ligação cruzada (KURAIISHI, SAKAMOTO & SOEDA, 1996).

A intensificação de ligações cruzadas está diretamente associada a rigidez do gel, ou seja, quanto maior o número de ligações cruzadas mais força é essencial para o rompimento do gel. A demasia da transglutaminase microbiana leva ao aumento das ligações ϵ -(γ -Glu)Lis, podendo ocorrer a inibição do desenvolvimento da rede protéica, pois o gel perde força e capacidade de retenção de água (KURAIISHI, SAKAMOTO & SOEDA, 1996).

A TG pode ser empregada em diversos derivados lácteos como, queijos processados, molhos, sobremesas congeladas (KURAIISHI, YAMAZAKI & SUSA, 2001), queijos, sorvetes e iogurtes (MOTOKI & SEGURO, 1998 e MOTOKI & KUMAZAWA, 2000).

Sá, (2008) elaborou queijo cremoso a partir de leite tratado com MTG para avaliar a influência das ligações cruzadas nas etapas de coagulação de leite por renina. O estudo foi feito de 3 modos diferentes: (1) adição da TG 7 minutos antes da adição da renina; (2) adição de TG conjuntamente com a renina; e (3) adição da TG 7 minutos após a adição da renina. O terceiro experimento apresentou melhores resultados na formação de géis lácteos, apresentando teores de proteínas e índice de consistência maiores e índices de separação de soro e sinerese menores.

Rodrigues et al, (2016) avaliou o efeito da MTG em diferentes concentrações e da redução de sal no rendimento de um queijo minas frescal. A enzima foi adicionada antes do coalho e permaneceu em incubação por 30 minutos a 36 °C. A adição da maior concentração de enzima, 0,06%, obteve o melhor resultado e provocou um aumento no rendimento de 6,5% em relação ao queijo minas frescal tradicional.

Faria, (2010) elaborou bebida láctea fermentada com alta concentração de soro para avaliar o efeito da MTG em diferentes concentrações e temperaturas de incubação. Inicialmente foram adicionadas diversas concentrações da enzima simultaneamente com o fermento lácteo, após estabelecida a faixa de concentração enzimática, diferentes tempos de incubação em diferentes temperaturas foram analisadas. As análises mostraram que as melhores condições de atuação da enzima foram na concentração de 0,034% e temperatura ideal para incubação em bebidas lácteas de 40°C.

3.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.4.1 Parâmetros físico-químicos do Leite

O leite deve ser um líquido branco opalescente homogêneo, com odor e sabor característicos, isento de odores e sabores estranhos, devendo permitir o desenvolvimento de flora láctica, respeitando os requisitos físico-químicos, isento de aditivos ou coadjuvantes, a quantidade de contaminantes orgânicos, inorgânicos ou resíduos biológicos devem obedecer aos limites imposto pela legislação específica e obedecendo as práticas de higiene para o transporte e tratamento estabelecido na Instrução Normativa nº 76/2018 (BRASIL, 2018).

Os parâmetros comumente analisados em leites são: acidez, densidade, extrato seco, índice crioscópico e matéria gorda.

Conforme o passar do tempo de prateleira do leite, a acidez aumenta devido a acidificação da lactose, ação de microrganismos presente no leite (LUTZ, 2008).

O total de gordura contido no leite pode ser dado através da densidade, quando mais gordura o leite possuir, menor sua densidade (LUTZ, 2008)

Posteriormente a evaporação da água e substâncias voláteis, temos a determinação do extrato seco (LUTZ, 2008).

O ponto de congelamento do leite é dado pela crioscopia, podendo saber se teve adição de água. Se isto ocorreu, a crioscopia deve ficar próximo a 0°C (LUTZ, 2008).

3.4.2 Parâmetros físico-químicos do Queijo

O queijo deve conter obrigatoriamente leite, coagulante apropriado, sendo de procedência física, química, bacteriana ou enzimática. Pode ser acrescido de ingrediente opcionais desde que estejam definidos, explicitamente, no padrão para cada variedade. Devem ser respeitados os padrões físico-químicos, sensoriais, a quantidade de contaminantes orgânicos, inorgânicos ou resíduos biológicos impostos pela legislação específica e obedecer às práticas de higiene para o transporte e tratamento estabelecido no Código Internacional Recomendado de Práticas (BRASIL,1996).

A CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) definiu os espaços de cores CIE XYZ, CIE $L^*a^*b^*$, incluindo o CIE L^*C^*h . Neste espaço de cor, L^* indica luminosidade, variando de 0 a 100 no eixo x. a^* , referindo-se a cromaticidade verde (-) a vermelho (+) e b^* , azul (-) a amarelo (+). C^* indica a saturação, distância do eixo de luminosidade. E por fim, h representa o ângulo de tonalidade expressa em graus, movimentando-se em sentido anti-horário, variando de 0 a 360°.

A Figura 5 representa o espaço de cor do sistema CIE $L^*a^*b^*$.

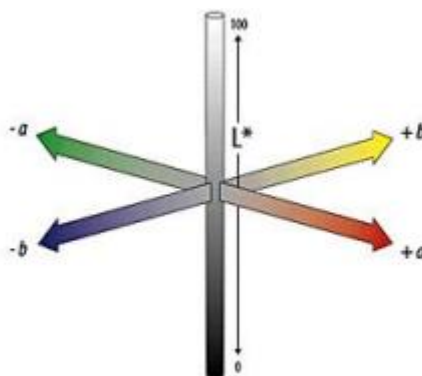


Figura 5 - Espaço uniforme de cor $L^*a^*b^*$.
Fonte: ALVARENGA, 2000.

A umidade do queijo pode ser estabelecida como a perda em peso, de água e outras substâncias voláteis pelo produto quando submetido a aquecimento adequado (LUTZ, 2008). O queijo pode ser classificado de acordo com sua umidade segundo a Portaria 146/1996 do MAPA, conforme é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do queijo quanto a umidade.

Classificação		Limite
Queijo de baixa umidade	Massa dura	≤35,9%
Queijo de média umidade	Massa semidura	36,0 a 45,9%
Queijo de alta umidade	Massa branda ou “macio”	46,0 a 54,9%
Queijo de muita alta umidade	Massa branda ou “mole”	≥55,0%

Fonte: BRASIL, 1996.

As proteínas, na grande maioria, são determinadas pelo processo de digestão Kjeldahl, onde a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio é convertido em amônia (LUTZ, 2008).

A adição do ácido sulfúrico e do álcool isoamílico no leite provoca o cisalhamento da emulsão e após centrifugação nos dá a percentagem do teor de gordura, geralmente é utilizado o método de Gerber específico para matrizes lácteas para análise (LUTZ, 2008). Os queijos também podem ser classificados de acordo com seu teor de lipídios segundo a Portaria 146/1996 do MAPA, conforme é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação do queijo quanto ao seu teor de gordura.

Classificação	Limite
Desnatado	≤10,0%
Magros	10,0 a 24,9%
Semigordo	25,0 a 44,9%
Gordos	45,0 a 59,9%
Extra-gordo ou duplo creme	≥60,0%

Fonte: BRASIL, 1996.

3.7 RENDIMENTO

Para garantia da viabilidade econômica da produção de queijos, um dos fatores cruciais é o rendimento industrial. O rendimento de um queijo é, basicamente, a massa final de queijo elaborada a partir de um determinado volume de leite, baseado nesse rendimento o empresário calcula o custo final da produção de seu produto. Já o rendimento técnico é o que nos permite

determinar se houve um bom aproveitamento dos constituintes do leite durante a elaboração do queijo (FURTADO, 2005).

No processo de coagulação, os constituintes do leite são separados em dois grupamentos. Um grupamento fica retido na coalhada, onde se concentra a maior parte da gordura e da caseína do leite, e o outro grupamento solúvel no pH de fabricação do queijo contendo, principalmente, água, lactose, minerais e proteínas é perdido no soro (FARKYE, 2004).

O rendimento do queijo pode variar em média de 9 a 15% em virtude de diversos fatores, tais como, composições química, essencialmente, caseína e gordura, e pasteurização da matéria prima, perdas dos constituintes da matéria prima no soro, a utilização do cloreto de cálcio, o tipo de coalho utilizado, procedimento de corte, temperatura de cozimento da massa e do teor de umidade do produto final (FARKYE, 2004; FOX et al., 2000).

A massa final obtida é a coagulação, por meio da k-caseína, da recuperação de gordura e de proteína contidas no leite (BUZATO, 2011), a caseína é a agente responsável pela formação da rede proteica que detém o restante dos elementos do leite. O rendimento aumenta quando se aumenta o teor de caseína do leite, pois há uma maior retenção de proteína e de água no queijo (GUINEE; MCSWEENEY, 2006).

Leites com maior teor de gordura aumenta a quantidade de gordura retida na massa, conseqüentemente, pode provocar o aumento no rendimento do produto final (GUINEE, 2003).

O aumento no rendimento pode ser representado pelo aumento da umidade retida, entretanto, o rendimento não se dá apenas pela elevação do volume de água, mas também pela existência de sólidos solúveis (GUINEE; MCSWEENEY, 2006).

O queijo de coalho é um produto de massa semicozida e de acordo com Andrade, (2006), o rendimento médio da fabricação de queijo de coalho é de 10 litros de leite por quilograma de massa final.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Na elaboração do queijo de coalho, foi utilizado o leite integral pasteurizado comprado em um mercado local. Enzima transglutaminase, GLUTAMAX TG, doada pela Dona Alda Indústria de Alimentos Ltda localizada na cidade de Bom Sucesso do Sul. Sal, comprado em um mercado local. Coagulante comercial QUIMASE e Cloreto de Cálcio (CaCl_2).

Em cada produto elaborado, foram utilizados os seguintes materiais:

- Queijo: QT1 e QT2:
 - Isento de qualquer aditivo e/ou especiaria;
- Queijo: MTG1 e MTG2:
 - 0,2% da enzima em relação ao peso do leite.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Produção do queijo

Para a elaboração dos queijos de coalho foi seguindo a metodologia baseado na Instrução Normativa nº 30/2001 (BRASIL, 2001), o tempo e a temperatura de incubação da enzima, baseou-se em Faria, (2010) conforme o fluxograma descrito na Figura 6.

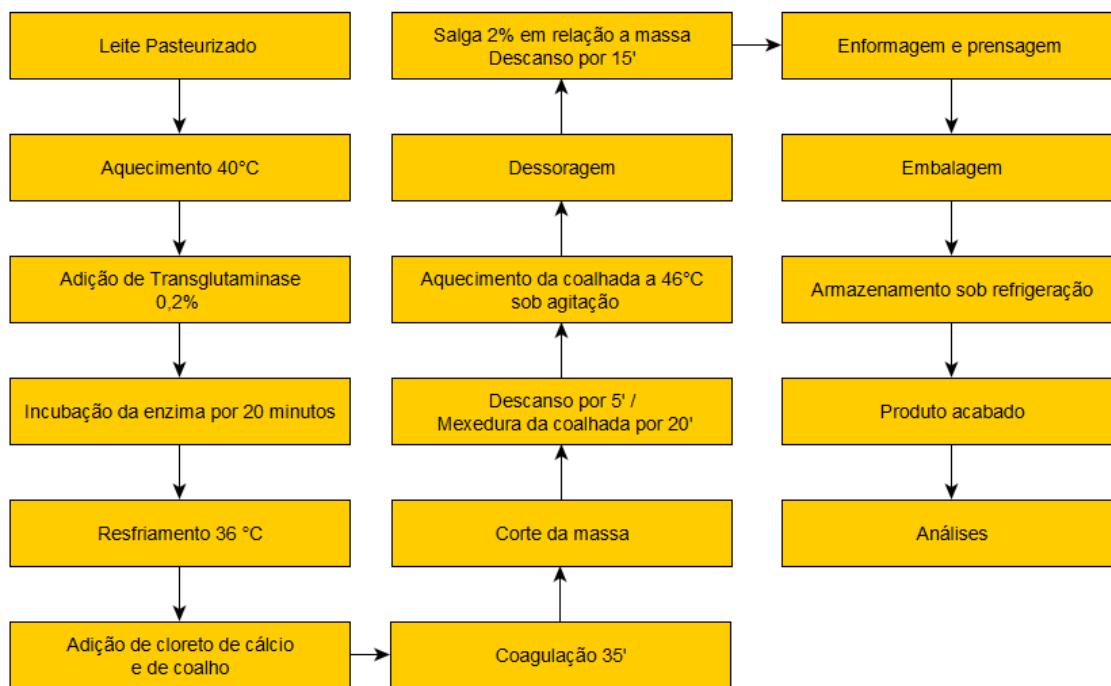


Figura 6 – Fluxograma da produção do queijo de coalho.
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

O leite foi acondicionado em dois vasilhames de metal devidamente higienizado, em água corrente e sabão neutro, levados ao fogo até atingir a temperatura de 40°C para a adição da enzima e mantida por 20 minutos nessa temperatura. Em seguida, o leite foi resfriado para uma temperatura de 36°C.

O leite para elaboração de QT1 e QT2 foi aquecido até a temperatura de 36°C e seguiu o passado decorrentes descritos na figura 6.

Assim sendo, o coalho e o cloreto de cálcio foram adicionados conforme instruções do fabricante, sob agitação para garantir homogeneização total.

A coagulação enzimática adveio durante 35 minutos. O final do processo foi definido pelo ponto de corte, quando se introduziu a ponta de uma faca na massa realizando um corte em “V”, levantando-a, observou-se que suas extremidades estavam lisas e uniformes e o soro com cor amarelo esverdeado.

Após a coagulação, foram realizados cortes em linhas paralelas e verticais, em seguida cortes transversais até que a massa atingisse cubos com uma média de 1,5 a 2 cm e deixado em repouso com 5 minutos.

Em seguida, iniciou-se o processo de mexedura por toda a extensão por 20 minutos.

Decorrido este tempo, iniciou-se o aquecimento da massa, sob agitação constante e intensa, até atingir a temperatura de 46°C. O processo de mexedura

continuou por mais 25 minutos após o desligamento do fogo, até se observar uma massa mais firme e seca.

Posteriormente, o soro foi retirado totalmente e feito o processo da salga na proporção de 2% em relação ao peso massa. A massa permaneceu em repouso por 15 minutos, foi devidamente enformada, prensada por uma hora e acondicionada em embalagens.

4.2.2 Parâmetros físico-químicos do leite

4.2.2.1 Acidez em grau Dornic

O teor de acidez em graus Dornic foi determinada, de acordo com as normas do (LUTZ, 2008), que consistiu em titular a amostra com hidróxido de sódio 0,1111 mol/L. O resultado foi expresso em graus Dornic e posteriormente foi transformado para gramas de ácido láctico por 100 mililitros. Cada °D corresponde a 0,01g/mL.

4.2.2.3 Densidade

A densidade foi determinada pelo lactodensímetro, onde o mesmo foi mergulhado, lentamente, em uma proveta contendo leite, conforme o método descrito em Becker (1990). A leitura é feita na altura do nível do líquido, o cálculo foi feito considerando a temperatura e o valor obtido.

4.2.2.4 Extrato seco total (EST)

O extrato seco total foi determinado pelo disco de Ackermann, o qual consiste em coincidir as graduações dos círculos, correspondentes a gordura e densidade, conforme Lutz, (2008).

4.2.2.5 Proteína Bruta

O teor de proteína bruta foi realizado no Laboratório de Qualidade Agroindustrial (LAQUA) do Câmpus seguindo o método de Kjeldahl descrito em Lutz (2008). Este método se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação. A primeira etapa consiste em decompor a matéria orgânica em ácido sulfúrico, onde o nitrogênio é transformado em sal amoniacal. A segunda etapa consiste em liberar a amônia presente no sal amoniacal pela reação com

hidróxido e recebida numa solução ácida. A terceira, consiste em determinar a quantidade de nitrogênio titulando o excesso do ácido utilizado na destilação.

$$proteínas = \frac{V \times Fc \times 0,0014 \times 100 \times 6,38}{P}$$

Onde: V é o volume gasto na titulação, Fc é o fator de correção do ácido utilizado na titulação, 6,38 é o fator de conversão para lácteos e P a massa da amostra.

4.2.2.6 Teor de Gordura

O teor de gordura foi determinado pelo método de Gerber, que se fundamenta em separar, por centrifugação, a gordura das demais matérias orgânicas por meio do ácido sulfúrico auxiliado pelo álcool isoamílico conforme Lutz (2008).

4.2.3 Parâmetros físico-químicos do queijo

4.2.3.1 Cor

A cor foi determinada pelo colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, utilizando o sistema, com medida dos parâmetros: L* (0-100), a* (vermelho a verde) e b* (amarelo a azul).

A medida da cor foi realizada em triplicata, com o aparelho devidamente calibrado, na parta interna da amostra e em pontos distintos.

4.2.3.2 Umidade

A umidade foi determinada pelo método de Lutz (2008), onde uma amostra foi levada para secagem em estufa a 105°C até peso constante. A umidade foi determinada pela seguinte equação:

$$u = \frac{N}{P} \times 100$$

Onde: N é a perda de massa expressa em gramas e P é a massa inicial da amostra.

4.2.3.3 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi realizado seguindo o método de Kjeldahl descrito em Lutz (2008).

4.2.3.4 Teor de Gordura

O teor de gordura também foi determinado pelo método de Gerber, seguindo a metodologia de Lutz (2008).

4.2.3.5 Rendimento

O rendimento de um queijo é a massa de queijo, expressa em quilogramas, elaborada a partir de um determinado volume de leite, expresso em litros (BUZATO, 2011). Portanto o rendimento foi determinado pela seguinte equação:

$$R = \frac{M}{V}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE

Anteriormente a produção do queijo, foi coletado amostras de leite e realizado análises físico-químicas do mesmo. Na tabela 4 estão apresentados os resultados das análises realizadas, em triplicata, do leite em comparativo com os valores estipulados pela Instrução Normativa nº 76/2018 (BRASIL, 2018).

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos para o leite cru, segundo a Instrução Normativa nº 76/2018.

Parâmetro	Limite	Leite
Acidez g ácido láctico/100 mL	0,14 a 0,18	0,18 ± 0,10
Densidade (15°C)	1,028 a 1,034	1,030 ± 0,001
Extrato seco total/100g	min. 11,40g	12,08
Teor de Gordura/100g	min. 3,00g	3,63 ± 0,06
Teor de Proteína Total/100g	min. 2,90g	3,55 ± 0,05

Fonte: BRASIL, 2018.

Como pode ser observado na Tabela 4, todos os parâmetros estão de acordo com as IN 76/2018.

5.2 PRODUÇÃO DO QUEIJO

As Figuras 7, 8, 9 e 10, representam os produtos finais obtidos.



Figura 7 - Produto final obtido Queijo Tradicional 1 (QT1).

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.



Figura 8 - Produto final obtido Queijo Tradicional 2 (QT2).
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.



Figura 9 - Produto final obtido Queijo com Transglutaminase Microbiana 1 (MTG1).
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.



Figura 10 - Produto final obtido Queijo com Transglutaminase Microbiana 2 (MTG2).
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Os produtos finais obtidos apresentaram coloração amarela característica de queijo de coalho, com pequenas olhaduras irregulares devidas à problemas de prensagem.

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO QUEIJO

Posteriormente a produção dos queijos, foram realizadas as análises físico-químicas em triplicata. Na Tabela 5 e 6 estão apresentados os resultados referentes as análises realizadas dos queijos e o teste *t* de significância. Os itens analisados estão em conformidade com a legislação vigente.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos para o queijo.

Parâmetro	QT1	QT2	MTG1	MTG2
Umidade %	50,92±0,19	50,60±0,65	55,02±0,55	57,30±0,66
Teor de Gordura %	19,17±1,15	18,67±0,29	15,33±0,29	16,50±0,87
Teor de Proteína %	21,36±0,54	22,30±0,54	16,96±0,00	19,47±1,44
Rendimento (kg/L)	0,122	0,118	0,138	0,131

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA. QT1: queijo tradicional 1. QT2: queijo tradicional 2. MTG1: queijo com adição de transglutaminase 1. MTG2: queijo com adição de transglutaminase 2.

Tabela 6 – Teste *t* de significância dos parâmetros físico-químicos entre os dois tipos queijos.

Parâmetro	MQT	MMTG	<i>t</i> -calculado	<i>p</i>
Umidade %	50,76	56,16	-3,54	0,0715
Teor de Gordura %	18,92	15,93	5,05	0,0369
Teor de Proteína %	22,04	18,26	2,91	0,1006
Rendimento (kg/L)	0,120	0,134	-3,60	0,0693

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA. MQT: média dos queijos tradicionais. MMTG: média dos queijos com transglutaminase microbiana. *t* tabelado: 2,92.

Conforme pode ser verificado na Tabela 6, houve influência significativa das variáveis umidade, teor de gordura e rendimento sobre a produção de queijo de coalho, com e sem adição de enzima, ao nível de 90% de confiança ($p < 0,1$). Os valores de *t* calculado foram superiores ao de *t* tabelado, assim como os valores de *p* foram inferiores a 0,1 para estas variáveis, demonstrando que houve efeito significativo das variáveis. Para a variável teor de proteína não houve efeito significativo.

De acordo com a Tabela 5 os queijos tratados com MTG apresentaram teores de umidade superiores em relação aos queijos convencionais, pois segundo Kuraishi, Sakamoto & Soeda, (1996) as ligações cruzadas tem uma maior capacidade de geleificação e tendem a reter mais água. De acordo com a Portaria 146/1996 (BRASIL, 1996), podemos classificar os produtos QT1 e QT2 com umidades de, respectivamente 50,92 e 50,60%, como queijos de alta umidade conhecido como massa branda ou macios, os queijos MTG1 e MTG2 com umidade, respectivamente, de 55,02 e 57,30% como queijos de muita alta umidade conhecidos como queijos de massa branda ou mole. Os valores obtidos para umidade dos queijos ficaram entre 50,60 a 57,30%, sendo superiores aos valores obtidos por Andrade (2006) em seu estudo, que variaram entre 39,14 a 50,45, evidenciando uma prensagem mais extensa e pesada.

Diante dos valores do teor de lipídeos dos queijos, representados na Tabela 5, observa-se que houve uma diminuição nos resultados com adição da MTG. Os queijos QT1 e QT2, obtiveram um percentual de, respectivamente, 19,17 e 18,67% de teor de lipídeos, os produtos MTG1 e MTG2, obtiveram, respectivamente, 15,33 e 16,50% de teor de lipídeos, sendo inferiores aos de Andrade, (2006) que obteve resultados variando entre 20,99 a 28,47%. Observa-se que os queijos com maiores teores de umidade, apresentaram menores teores de lipídeos. Entretanto os queijos foram classificados, segundo a Portaria nº 146/1996 (BRASIL, 1996), como magros.

Com relação ao resultado do teor de proteína, conforme a Tabela 6, obteve uma diminuição insignificativa entre os produtos com adição da MTG. Os queijos QT1 E QT2 obtiveram, de acordo a Tabela 4, um percentual de, respectivamente, 21,36 e 22,30% de teor de proteína e os produtos MTG1 e MTG2 obtiveram um percentual de, respectivamente, 16,96 e 19,47% de teor de proteína. A variação de proteínas apresentado por Andrade (2006) em seus diversos estudos com queijos de coalho, foi entre 20,16 a 23,50%.

Conforme a Tabela 6, a variação de rendimento dos produtos finais foi significativa, visto que todos os produtos tiveram as mesmas condições e tempo de prensagem e, que Andrade, (2006), avaliou um rendimento de 0,1 kg de queijo/L de leite. O queijo QT1 e QT2 obtiveram, de acordo com a Tabela 4, um rendimento de, respectivamente, 0,122 e 0,118 kg de queijo/L de leite, e os queijos MTG1 e MTG2 obtiveram rendimentos de, respectivamente, 0,138 e

0,131 kg de queijo/L de leite. Neste experimento, o aumento do rendimento ocorreu em função do aumento do teor de umidade dos queijos, pois as ligações cruzadas aumentaram a capacidade de retenção de água. A adição de 0,2% de MTG aumentou o rendimento médio do queijo de coalho em 11,67% em relação à média dos elaborados tradicionalmente. Rodrigues et al, (2016) obteve um aumento no rendimento de 6,5% no queijo minas frescal com adição da enzima em relação ao elaborado pelo processo tradicional.

5.3.1 Cor

A Tabela 7 e 8 estão apresentados os resultados referentes a análise de cor dos queijos e o teste *t* de significância.

Tabela 7 - Parâmetro físico-químico cor, para o queijo.

Parâmetro	QT1	QT2	MTG1	MTG2
L* (0 a 100)	92,20±0,25	92,10±0,47	92,75±0,27	91,73±0,08
a* (-60 a +60)	-2,39±0,10	-2,45±0,02	-2,44±0,04	-2,59±0,03
b* (-60 a +60)	12,14±0,27	12,33±0,19	10,92±0,17	10,61±0,30

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA. QT1: queijo tradicional 1. QT2: queijo tradicional 2. MTG1: queijo com adição de transglutaminase 1. MTG2: queijo com adição de transglutaminase 2.

Tabela 8 - Teste *t* de significância dos parâmetros de cor entre os dois tipos queijos.

Parâmetro	MQT	MMTG	<i>t</i> -calculado	<i>p</i>
L* (0 a 100)	92,15	92,24	-0,175	0,878
a* (-60 a +60)	-2,42	-2,52	1,254	0,336
b* (-60 a +60)	12,24	10,78	7,985	0,015

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA. MQT: média dos queijos tradicionais. MMTG: média dos queijos com transglutaminase microbiana. *t* tabelado: 4,303.

Conforme pode ser verificado na Tabela 8, houve influência significativa das variáveis b* e C* sobre a produção dos queijos de coalho, ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$). Os valores de *t* calculado foram superiores ao de *t* tabelado, assim como os valores de *p* foram inferiores a 0,05 para estas variáveis, demonstrando que houve diferença significativa na variável b*. Para as variáveis L* e a* não houve diferença significativa.

Conforme a Tabela 8, as amostras não apresentaram diferença significativa para o parâmetro luminosidade. De acordo com a Tabela 7, as

amostras apresentaram alta luminosidade chegando próximo ao ponto mais alto, a amostra MTG2 foi considerada como a mais escura e amostra MTG1 foi considerada como a mais clara, com valores de, respectivamente, 91,73 a 92,75, sendo superior aos resultados obtidos por Andrade, (2006) que obteve em seu estudo para queijos de coalho artesanais valores entre 88,10 a 90,96.

O valor de a^* não apresentou diferença significativa conforme a Tabela 8. Entretanto, de acordo com a Tabela 7, apresentou valores que variaram entre -2,59 a -2,39, sendo inferiores aos valores obtidos por Andrade, (2006) que variaram entre -1,84 a -1,47 para queijo de coalho artesanal.

O valor de b^* apresentou diferença significativa conforme a Tabela 8. De acordo com a Tabela 7, com a adição da MTG, as amostras MTG1 e MTG2 apresentaram uma menor intensidade de amarelo, 10,92 e 10,61, em relação as amostras tradicionais QT1 e QT2, 12,14 e 12,33, essa variação de intensidade se deve em relação ao teor de lipídios, onde o maior teor de lipídios apresenta uma maior intensidade de amarelo. Andrade, (2006) encontrou valores de b^* para queijo de coalho artesanal variando entre 18,54 a 20,25.

6 CONCLUSÃO

Os queijos de coalho analisados apresentaram resultados físico-químicos de acordo com os padrões estabelecidos no Regulamento de Identidade e Qualidade de Queijos (portaria 146/1996).

Os queijos QT1 e QT2 (sem adição de transglutaminase microbiana), classificaram-se como queijos de massa branda ou macia, pois apresentaram de umidade menor que 54,9% (respectivamente, 20,92 e 50,60%), já os queijos MTG1 E MTG2 (com adição de transglutaminase microbiana) foram classificados como queijos de massa branda ou mole em função do teor de umidade superior a 54,9% (respectivamente, 54,02 e 57,30). Com relação a gordura os produtos foram classificados como magros por possuírem teores de lipídios de menores que 24,9%.

Os queijos elaborados com a enzima obtiveram um rendimento médio de 11,67% maior em relação ao produto tradicional confirmando o uso da MTG como uma possibilidade para indústria de laticínios de aumento de rendimento para queijo de coalho. Entretanto, a enzima não se limita apenas para o queijo de coalho, ela pode ser utilizada em outros tipos de queijos e derivados lácteos, sendo assim, existindo um campo amplo para pesquisa da MTG na indústria de laticínios.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** – NBR 5492. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 8p.

AJINOMOTO. Benefícios da enzima transglutaminase nos alimentos. **Food Ingredients Brasil**, v. 24, p. 24–26, 2013.

Alvarenga, N. Estudos em textura de Queijo Serpa. **Dissertação de Mestrado. Lisboa**, Portugal Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, 2000.

ANDRADE, A. A. DE. Estudo do perfil sensorial, físico-químico e aceitação de queijo de coalho produzido no estado do Ceará. **Dissertação de mestrado**. Fortaleza, Brasil. Univerdade Federal do Ceará, p. 104, 2006.

ANDO, H.; ADACHI, M.; UMEDA, K.; MATSUURA, A.; NONAKA, M.; UCHIO, R.; TANAKA, H.; MOTOKI, M. Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. **Agric. Biol. Chem.**, vol. 53, n. 10, p. 2613-2617, 1989.

BECKER, J. **Official methods of analysis**. 15^a ed. 1990.

BONISCH, M. P.; TOLKACH, A.; KULOSIK, U. Inactivations of na indifenous transglutaminase inhibitorin milk serum by means of UHT-treatment and membrane separation techniquer. **Internacional Dairy Journal**, v. 16, n. 8, p. 669-678, 2006.

BORGES, M. DE F.; FEITOSA, T.; NASSU, R. T.; et al. Microorganismos patogênicos e indicadores em queijo de coalho produzido no estado do Ceará, Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, p. 31–40, 2003. Paraná.

BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. **Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra Ou Manteiga de Garrafa; Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga, Conforme Consta dos Anexos Desta Instrução Normativa**. Distrito Federal, DF, 26 jun. 2001.

BRASIL. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. **Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite**

pasteurizado tipo A. Distrito Federal, DF, 26 nov. 2018.

BRASIL, D. A evolução das enzimas coagulantes. **Food Ingredients Brasil**, v. 16, p. 38–42, 2011.

BUZATO, R. M. P. Influência da relação caseína/gordura do leite e da temperatura de cozimento da massa no rendimento de fabricação e nas propriedades físico-químicas, funcionais e sensoriais do queijo coalho. 2011. 271 f. Tese Doutorado - Curso de Pós-graduação Tecnologia em Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CIE publication No. 15.2. CIE Colorimetry. **2nd Ed. Paris: Central Bureau of the CIE**, 1986.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to Training a Texture Profile Panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, n. 2, p. 204-223. 1973.

DANTAS, D. S. Qualidade microbiológica do queijo de coalho comercializado no município do Cabo De Santo Agostinho, Pernambuco, Brasil. **Dissertação de mestrado**. Univerdade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural., p. 435–440, 2010.

FARIA, D. D. S. Estudo dos efeitos da aplicação de transglutaminase em bebida láctea fermentada com alto conteúdo de soro. São Caetano do Sul, Brasil. **Dissertação de mestrado**. Centro Universitário do Instituto de Mauá de Tecnologia, 2010.

FARKYE, N.; Cheese technology. **Internacional Journal of Dairy Technology**, v.57, n. 2/3, p. 91-98, 2004.

FOX, P.F.; LUCEY. J.A.; COGAN, T.M. Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. **Food Science and Nutrition**, v.29, n.4, p. 237-254, 1990.

FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., McSWEENEY, P.L.H. Enzymatic coagulation of milk. **Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Inc.**, Cap.6, p.98-137, 2000.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos: causas e prevenção**. São Paulo. Fonte Comunicações e Editora. 200 p.; 2005.

GERRARD, J. A. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, p. 391-399, 2002.

GUINEE, T. P. Role of protein in cheese products. In: FOX, P. F; MCSWEENEY, P. H. L. **Advanced Dairy Chemistry**. Volume 1: Proteins 3rd. London: Blackie, p 1083-1159, 2003.

GUINEE, T. P.; MCSWEENEY, P. H. L. Significance of milk fat in Cheese. In: FOX, P. F; MCSWEENEY, P. H. L. **Advanced Dairy Chemistry**. Volume 2: Lipids 3rd. Ed. Springer, p 377-428, 2006.

JAROS, D.; JACOB, M.; OTTO, C.; ROHM, H. 2010. Excessive crosslinking of caseins by microbial transglutaminase and its impact on physical properties of acidified milk gels. **International Dairy Journal**, v. 20, 321–327.

JUNIOR, J. F. F. Elaboração de um queijo tipo coalho condimentado com manjeriço e alho. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

KANAJI, T.; OZAKI, H.; TAKAO, T.; KAWAJIRI, H.; IDE, H.; MOTOKI, M.; SHIMONISHI, Y. Primary structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium* sp. Strain s-8112. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 268, p. 11565-11572, 1993.

KURAIISHI, C.; SAKAMOTO, J.; SOEDA, T. The usefulness of transglutaminase for food processing. **Biotechnology for Improved Foods and Flavors** (reprinted from ACS Symposium Series 637), p. 29-38, 1996.

KURAIISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUSAKI, Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. **Food Reviews International**, v. 17, n. 2, p. 221-246, 2001.

LORENZEN, P. C. Effects of varying time/temperature-conditions of pre-heating and enzymatic cross-linking on techno-functional properties of reconstituted dairy ingredients. **Food Research International**, v.40, n. 6, p. 700-708, 2007.

LUTZ, A. I. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos - 1ª Edição Digital**. 4ª ed. São Paulo, 2008.

MADRID, A.; CENZANO, I.; VICENTE, J. M. – **Nuevo manual de industrias alimentarias** – Madrid, 1995, 559p.

McMAHON, D. J.; OBERG, C.J. Influence of fat, moisture and salt on functional properties of Mozzarella cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett, v.53, n.4, p.98-101, 1998.

MOTOKI, M.; KUMAZAWA, Y. Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. **Food Science Technology Research**, v. 6, p. 151-160, 2000.

MOTOKI, M.; SEGURO, K. Transglutaminase and its use for food processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 5, p. 204-210, 1998

PEREZ, R. M. **Perfil sensorial, físico-químico e funcional de queijo de coalho comercializado no município de campinas**, Campinas, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

PROZYN. Enzimas. **Food Ingredients Brasil**, , n. 10, p. 40–60, 2009.

RODRIGUES, F. M.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Uso de transglutaminase no processamento de queijo minas frescal com teor reduzido de sódio. **XXV Congresso Brasileiro da Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016.

SÁ, E. M. F. de. Propriedade físicas e químicas de queijos cremosos: influência de polissacarídeos e transglutaminase. **Dissertação de Mestrado**, Florianópolis, Brasil. Univerdidade Federal de Santa Catarina, 2008.

SAKAMOTO, H.; KUMASAWA, Y.; MOTOKI, M. Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 866-871, 1994.

SERPA, L.; PRIAMO, W. L.; REGINATTO, V. Destino Ambientalmente Correto a Rejeitos de Queijaria e Análise de Viabilidade Econômica. **2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production**, 2009.

SIQUEIRA, K. B.; CARNEIRO, A. V.; ALMEIDA, M. F. DE; SOUZA, R. C. S. N. P. O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. **Circular Técnica**, 2010.

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

TAMINE, A. Y.; ROBINSON, R. K. Yoghurt: Science and technology. **2nd ed.** Boca Raton: **Woodhead Publishing Ltd**, 1999. 619p.

TRUONG, V.; CLARE, D. A.; CATIGNANI, G. L.; SWAISGOOD, H. E. Cross-linking and rheological changes of whey proteins treated with microbial transglutaminase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 1170-1176, 2004.

YOKOYAMA, K.; NIO, N.; KIKUCHI, Y. Properties and applications of microbial transglutaminase. **Appl. Microbiol. Biotechnol**, v. 64, p. 447-454, 2004.