



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Nutrição
Colegiado de Ciência e Tecnologia de Alimentos



JÚNIA CRISTINA BARBOSA
LEONARDO DE OLIVEIRA PENNA

ANÁLOGO DE QUEIJO OBTIDO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE
QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd*)

Ouro Preto
Dezembro de 2019

JÚNIA CRISTINA BARBOSA
LEONARDO DE OLIVEIRA PENNA

**ANÁLOGO DE QUEIJO OBTIDO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE
QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd*)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e
Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da
Universidade Federal de Ouro Preto, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Érica Granato Faria Neves

Co-orientador: Patrícia Aparecida Pimenta Pereira

B238a

Barbosa, Júnia Cristina.
Análogo de queijo obtido de extrato hidrossolúvel de quinoa
(*chenopodium quinoa willd*) [manuscrito] / Júnia Cristina
Barbosa, Leonardo de Oliveira. - 2019.
29 f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientadora: Profª. Drª. Érica Granato Faria Neves.
Coorientadora: Profª. Drª. Patrícia Aparecida Pimenta.
Pereira.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Nutrição. Departamento de Alimentos.

1. Quinoa. 2. Processamento de alimentos. I. Oliveira, Leonardo de.
II. Neves, Érica Granato Faria. III. Pimenta, Patrícia Aparecida Pereira.
IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V.

CDU: 664.6



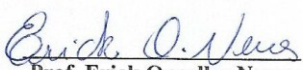
Ata da Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado:

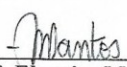
**"Análogo de queijo obtido de extrato hidrossolúvel de Quinoa
(*Chenopodium quinoa* Wild)".**

Aos 06 dias do mês de dezembro de 2019, no Auditório da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, reuniu-se a Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso da estudante **Júnia Cristina Barbosa**, orientada pela **Profª. Erica Granato Faria Neves**. A defesa iniciou-se pela apresentação oral feita pela estudante, seguida da arguição pelos membros da banca. Ao final, os membros da banca examinadora reuniram-se e decidiram por CEPROVA a estudante.

Membros da Banca Examinadora:


Profª. Erica Granato Faria Neves
Presidente (DEALI/ENUT/UFOP)


Prof. Erick Ornellas Neves
Examinador (DEALI/ENUT/UFOP)


Profª. Eleonice Moreira Santos
Examinadora (DEALI/ENUT/UFOP)



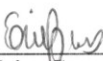


Ata da Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado:

**"Análogo de queijo obtido de extrato hidrossolúvel de Quinoa
(*Chenopodium quinoa* Wild)".**

Aos 06 dias do mês de dezembro de 2019, no Auditório da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, reuniu-se a Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso do estudante **Leonardo de Oliveira Penna**, orientado pela **Profª. Erica Granato Faria Neves**. A defesa iniciou-se pela apresentação oral feita pelo estudante, seguida da arguição pelos membros da banca. Ao final, os membros da banca examinadora reuniram-se e decidiram por aprovado o estudante.

Membros da Banca Examinadora:


Profª. Erica Granato Faria Neves
Presidente (DEALI/ENUT/UFOP)


Prof. Erick Ornellas Neves
Examinador (DEALI/ENUT/UFOP)


Profª. Eleonice Moreira Santos
Examinadora (DEALI/ENUT/UFOP)

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Érica Granato Faria Neves, por sua orientação e dedicação, e pelas oportunidades oferecidas que me proporcionou grande aprendizado. E aos outros professores que contribuíram para a realização desse trabalho, por toda ajuda e apoio. Em especial aos professores Patrícia Aparecida Pimenta Pereira e Erick Ornellas Neves.

Aos técnicos de laboratório, em especial à Miliane Fagundes, técnica do laboratório de bromatologia, pelo auxílio na execução das análises.

Aos colegas de curso que contribuíram para realização das análises, em especial ao Leonardo Penna e a Jordânia Mota, quem além de toda a ajuda com o trabalho, ainda compartilham comigo uma grande amizade.

Aos meus pais, em especial à minha mãe, pela alegria compartilhada, pelo grande apoio, por sempre me motivar, pelo companherismo, e por ter me ensinado dentre muitas coisas, à perseverança, o esforço e valorização do trabalho.

Aos colegas e amigos, por todo o suporte e incentivo.

Às Empresas Vitalin e Reserva Mundi (Mundo da Quinoa) pela doação da quinoa.

Obrigada a todos que de alguma forma fizeram parte, pela ajuda prestada e contribuição durante o desenvolvimento desse trabalho.

Júnia Cristina Barbosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me iluminado e me fortalecido durante toda essa jornada para concluir mais esta etapa.

À minha avó e familiares, pelo amor, orações, incentivo e apoio incondicional.

À minha orientadora, prof. Dra. Érica Granato Faria Neves, que acreditou em mim; que ouviu pacientemente as minhas considerações partilhando comigo as suas ideias, conhecimento e experiências e que sempre me motivou. Quero expressar o meu reconhecimento e admiração pela sua competência profissional e minha gratidão pela sua amizade, por ser uma profissional extremamente qualificada e pela forma humana que conduziu minha orientação. E aos outros professores que se preocuparam em acompanhar o andamento do trabalho e estiveram prontos a ajudar. Em especial os professores Patrícia Aparecida Pimenta Pereira e Erick Ornellas Neves.

Aos técnicos dos laboratórios, em especial à Miliane e Raphael, que nos auxiliaram na execução das análises; e aos funcionários que agilizaram o acesso aos laboratórios e pela amizade.

A todos os meus colegas do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos em especial a Júnia Cristina Barbosa pelo apoio incondicional e amizade que tornou minha vida acadêmica menos árdua. Peço a Deus que os abençoe grandemente, preenchendo seus caminhos com muita prosperidade.

Enfim, muito obrigado a todos que fizeram parte dessa jornada.

Leonardo de Oliveira Penna

RESUMO

O grão de quinoa é uma opção para agregar nutrientes à dieta, cuja principal característica é a qualidade da sua proteína. O objetivo deste trabalho foi otimizar o uso de diferentes agentes coagulantes no extrato hidrossolúvel de quinoa para fabricação de um análogo de queijo. Foi avaliado o efeito do tempo*temperatura de maceração dos grãos de quinoa para melhor extração de suas proteínas. Os resultados da avaliação do tempo e temperatura foram tratados estatisticamente por meio da análise de regressão das diferentes temperaturas em função do tempo. Definido qual o melhor tempo e temperatura de maceração foi elaborado o extrato hidrossolúvel de quinoa. O extrato foi utilizado para a obtenção do “queijo do quinoa”. Foi avaliado o efeito de três fatores (concentração de cloreto de cálcio, glucona delta lactona e sulfato de magnésio), considerando o planejamento simplex-lattice para avaliar os efeitos e para otimizar as proporções dos coagulantes. Para análise dos queijos de quinoa foram determinados: umidade, proteínas, cinzas, pH e sólidos totais. Pelos resultados obtidos podemos estimar que em 16 horas obtivemos um enchacamento máximo do grão de quinoa em torno de 90-95%. Os tratamentos 7 (68% cloreto de cálcio, 16% sulfato de magnésio e 16% glucona delta lactona) e tratamento 8 (16% cloreto de cálcio, 68% glucona delta lactona e 16% sulfato de magnésio) produziram precipitados com maiores teores de proteína, de 7,70% e 7,53%, respectivamente. Apenas para os parâmetros de umidade e sólidos totais foi possível obter um modelo predito. Observou-se que, para se obter um precipitado menor teor de umidade deve-se utilizar concentrações de sulfato de magnésio ou de glucona delta lactona tendendo a 100%. Para obtenção de um análogo com maior teor de sólidos, deve-se utilizar concentrações tendendo a 100% de glucona delta lactona. Assim recomenda-se a maceração da quinoa em uma temperatura de 5°C por 16 horas. Os queijos de quinoa que apresentaram um bom valor médio de proteínas, foram os obtidos nos tratamentos 7 e 8. Para obtenção de um “queijo de quinoa” com menor teor de umidade e maior conteúdo de sólidos totais, é mais viável utilizar uma maior concentração de glucona delta lactona.

Palavras-Chave: concentrado proteico de quinoa; processamento; otimização

ABSTRACT

The quinoa grain is an option to add nutrients to one's diet, since its main characteristic is the quality of its protein. This study aims to optimize the use of different coagulant agents in the water-soluble extract of quinoa in the process of producing a cheese analogue. The effect of the time/temperature of the quinoa grains maceration was evaluated in order to establish a better protein extraction. The results of the time/temperature evaluation were statistically treated through the analysis of the different temperatures according to time.

Establishing the best maceration time/temperature, the quinoa water-soluble extract was elaborated. The extract was used to obtain the "quinoa cheese". The effect of three different factors (concentration of calcium chloride, glucone delta lactone and magnesium sulfate) were evaluated according to the simplex-lattice planning in order to analyze the effects and to optimize the proportions of coagulants. The quinoa cheese were analyzed according to parameters such as humidity, protein, ashes, pH and total solid. According to the results, it is possible to estimate that in 16 hours we reached the maximum quinoa grain soaking level, around 90-95%. Treatments 7 (68% calcium chloride, 16% magnesium sulfate and 16% glucone delta lactone) and 8 (16% calcium chloride, 68% glucone delta lactone and 16% magnesium sulfate) presented the highest protein percentages 7,70% and 7,53% respectively. It was possible to obtain the predictable model only for the humidity and total solid values. In order to produce the quinoa cheese analogue with the lowest humidity content, it is important to use magnesium sulfate or glucone delta lactone concentrations tending to 100% and, aiming to produce a cheese analogue with higher solid content, one must use glucone delta lactone concentrations tending to 100%. The quinoa cheese which presented a good average protein value were possible only through treatments 7 and 8. In order to obtain the "quinoa cheese" with the lowest humidity content and the highest level of total solids, it is important to use a bigger concentration of glucone delta lactone.

Key-words: Quinoa protein concentrate; processing; optimization

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.1.1. Objetivos Específicos.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Avaliação do tempo e temperatura na maceração da quinoa.....	13
3.2. Processamento do extrato hidrossolúvel de quinoa	14
3.3. Processamento do análogo de queijo	14
X ₁ : cloreto de cálcio, X ₂ : glucona delta lactona, X ₃ : sulfato de magnésio.	15
3.4. Avaliação físico-química dos extratos hidrossolúveis de quinoa e dos “queijos de quinoa”	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Avaliação do tempo e temperatura na maceração da quinoa.....	17
4.2. Processamento e caracterização do extrato hidrossolúvel de quinoa	20
4.3. Processamento e caracterização do análogo de queijo.....	23
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A alimentação sempre foi umas das maiores preocupações do ser humano. Alimentar-se é questão de sobrevivência. No entanto, o homem não quer apenas ingerir alimentos. Cada vez mais, buscam-se alimentos que, além de saborosos, tenham valor nutricional, que estejam prontos para consumo, que não causem mal à saúde, e tenham qualidade.

O potencial da quinoa como fonte nutricional é elevado. O grão de quinoa é uma opção para agregar nutrientes à dieta, pois a sua proteína é considerada de alto valor biológico, fornecendo a maioria dos aminoácidos essenciais (SPEHAR, C.R. 2006; TANG, et al., 2015; PINELI, et al., 2015).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou trabalho pioneiro com a quinoa, com o intuito de adaptá-la ao cultivo no Brasil. Após várias experiências, os pesquisadores conseguiram adaptá-la ao cerrado brasileiro (CASTRO et al., 2007). Devido à sua qualidade nutricional, vem despertando a atenção de pesquisadores em várias partes do mundo. Ela apresenta demanda crescente no mundo, principalmente por naturalistas, que buscam alternativas de plantas com ausência de glúten. Por ser equilibrada em seus valores nutricionais, pode complementar a alimentação de humanos. (BORGES et al., 2010)

A quinoa foi qualificada como um dos melhores alimentos de origem vegetal devido ao seu valor nutritivo, conteúdo protéico notável (12%) e balanço adequado de aminoácidos essenciais (BICUDO, et al., 2012).

O uso deste pseudocereal está em crescimento, sendo utilizado tanto para a alimentação saudável como para dietas especiais de pessoas celíacas, uma vez que a quinoa não possui proteínas formadoras da rede de glúten (GEWEHR, et al., 2012; NOWAK, et al., 2012). Assim, a quinoa pode ser consumida por portadores de doença celíaca sem colocar em risco sua saúde. Muitos estudos têm abordado o desenvolvimento de produtos livres de glúten, como pães, massas e produtos de confeitaria a partir de pseudocereais, considerando que o único tratamento para pacientes celíacos consiste na ausência de glúten na dieta (BICUDO et al., 2012).

Segundo Castro (2007) é viável a utilização da quinoa em preparações alimentícias em substituição aos produtos que contêm glúten podendo ser destinadas para pacientes celíacos.

Segundo Bicudo (2012) nas gôndolas dos supermercados e feiras já são encontrados diferentes produtos processados à base de quinoa, como barra de cereais, cookies, *shakes* e macarrão, dentre outros. A procura do consumidor por produtos inovadores, seguros e de prática utilização, vem contribuindo para que esses alimentos ganhem popularidade, promovendo à consolidação dos mesmos no mercado. Avaliar o uso de produtos de quinoa com qualidade sensorial de forma a viabilizar sua incorporação na alimentação humana é importante.

Diante do exposto, encontrar alternativas de consumo para a quinoa é importante. Seus produtos podem ser consumidos por pessoas com problemas de intolerância a lactose, alergia à proteína do leite de vaca, pessoas que possuem a doença celíaca e ainda no preparo de alimentos sem colesterol. Além disso, pessoas que raramente consomem proteína de origem animal podem obter em produtos de origem vegetal os aminoácidos essenciais que devem ser ingeridas para garantir boa nutrição. Dessa forma, a quinoa é um alimento de origem vegetal que fornece esses aminoácidos essenciais podendo ser utilizada também por esse grupo de consumidores.

O trabalho propõe a obtenção de um análogo de queijo denominado “queijo de quinoa” através da obtenção de um extrato hidrossolúvel de quinoa. O “queijo de quinoa” poderá ser uma alternativa inovadora de um produto com elevado teor de proteínas de alto valor nutricional e com grande aplicabilidade na indústria de alimentos.

A quinoa é um grão utilizado na alimentação humana há muito tempo, porém sua maior forma de consumo é “in natura”. A diversificação de técnicas de processamento e de produtos permitirá uma maior disponibilidade para o uso da quinoa não só como extrato hidrossolúvel e “queijo”, mas na utilização desses produtos em outros alimentos que não tem opção do uso do grão na sua forma íntegra.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Otimizar o uso de diferentes agentes coagulantes no extrato hidrossolúvel de quinoa para precipitação de suas proteínas visando obter um análogo de queijo denominado “queijo de quinoa”.

2.1.1. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito do tempo e da temperatura de maceração dos grãos de quinoa para melhor extração de suas proteínas;
- Avaliar a absorção de água pelos grãos de quinoa durante a maceração em temperatura controlada;
- Avaliar o efeito de diferentes agentes coagulantes na precipitação das proteínas do extrato hidrossolúvel de quinoa para fabricar um análogo de queijo;
- Caracterizar através de análises físico-químicas os “queijos de quinoa” obtidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados a mistura de grãos integrais de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) das marcas Vitalin ® e Reserva Mundi ®. Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Bromatologia e Análise Sensorial e na Planta Piloto de Produtos Lácteos do Departamento de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto.

3.1. Avaliação do tempo e temperatura na maceração da quinoa

Os grãos de quinoa foram colocados na maceração em três temperaturas (5°C, 25°C e 45°C) na proporção 1:2 (quinoa:água) durante 48 horas. A água de maceração foi submetida às seguintes análises de: potencial hidrogeniônico (pH) utilizando pHmetro previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7; determinação de proteínas por método de Biureto adaptado de Itzhaki & Gill, 1964 expresso em absorbância a 540 nm; acidez expressa em volume de NaOH 0,1 mol/L gasto para neutralizar; absorção de água pelos grãos de quinoa durante a maceração. A diferença entre a massa de grãos macerados e a massa inicial de grãos forneceu a absorção de água, expressa em g de água absorvida/100 g de grãos (BENASSI, *et al.* 2011).

O experimento foi conduzido no Delineamento em Parcela Subdividida com a temperatura na parcela (3 níveis – 5°C, 25°C e 45°C) com três repetições e o tempo de maceração na subparcela (9 níveis – 9 tempos).

Os resultados da avaliação do tempo e temperatura de maceração foram tratados estatisticamente por meio da análise de regressão das diferentes temperaturas em função do tempo. Os resultados da avaliação da lavagem da

massa foram analisados por análise de variância (ANOVA) a 5 % de probabilidade, e para aquelas análises que apresentarem diferença significativa ($p < 0,05$), os valores médios foram analisados pelo Teste Tukey à 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* livre R, Versão 3.1.2.

3.2. Processamento do extrato hidrossolúvel de quinoa

Após a definição do melhor tempo e temperatura para maceração da quinoa foi realizado o processamento do extrato hidrossolúvel de quinoa. Os grãos de quinoa foram inicialmente macerados à temperatura de 5°C na proporção 1:2 (quinoa:água) durante 24 horas. Em seguida o material foi triturado durante 3 minutos e submetido a uma centrifugação de 3.000 rpm durante 20 minutos. O extrato hidrossolúvel de quinoa é o líquido sobrenadante obtido após a centrifugação.

3.3. Processamento do análogo de queijo

O extrato hidrossolúvel de quinoa foi utilizado para a obtenção do “queijo do quinoa”. Os coagulantes testados foram o cloreto de cálcio, glucona delta lactona e sulfato de magnésio (CIABOTTI et al., 2007; BENASSI et al., 2011). Foi avaliado o efeito de três fatores (concentração de cloreto de cálcio, concentração de glucona delta lactona e concentração de sulfato de magnésio), considerando o planejamento simplex-lattice (Cornell, 1983) para avaliar os efeitos e para otimizar as proporções de coagulantes: cloreto de cálcio (X_1), glucona delta lactona (X_2) e sulfato de magnésio (X_3). As concentrações dos sais utilizados para precipitação das proteínas variaram de 0,08% a 0,5% (m/v) como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Planejamento experimental simplex-lattice das diferentes concentrações (% m/v) de coagulante com as variáveis reais.

Ensaio	Variáveis Reais		
	X_1	X_2	X_3
1	0,5	0	0
2	0	0,5	0
3	0	0	0,5

4	0,25	0,25	0
5	0,25	0	0,25
6	0	0,25	0,25
7	0,34	0,08	0,08
8	0,08	0,34	0,08
9	0,08	0,08	0,34
10	0,16	0,17	0,17
11	0,16	0,17	0,17
12	0,16	0,17	0,17

X₁: cloreto de cálcio, X₂: glucona delta lactona, X₃: sulfato de magnésio.

Para a obtenção do análogo de queijo, o extrato hidrossolúvel de quinoa foi aquecido à 75°C, sendo em seguida adicionado dos agentes coagulantes correspondente ao ensaio, para precipitação das proteínas. O extrato hidrossolúvel de quinoa e os coagulantes foram misturados lentamente (manualmente, com auxílio de um bastão de vidro) e o material permaneceu em repouso, durante a etapa de coagulação, por 30 minutos, e por último foi realizado a separação do coágulo. O processamento do queijo de quinoa foi realizado como descrito na Figura 1.

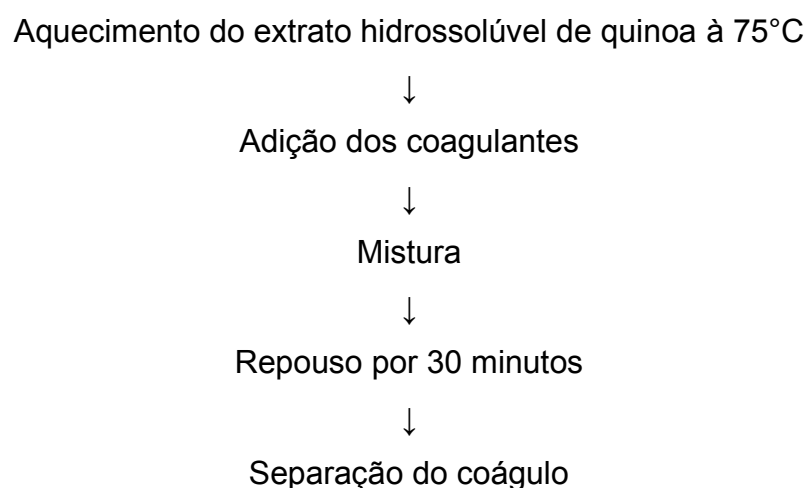


Figura 1 - Fluxograma de processamento do queijo de quinoa.

3.4. Avaliação físico-química dos extratos hidrossolúveis de quinoa e dos “queijos de quinoa”

As análises físico-químicas dos extratos hidrossolúveis e dos “queijos de quinoa” foram realizadas conforme as metodologias descritas nas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para análise dos extratos foram determinados: umidade por secagem em estufa a 105 °C, até peso constante; proteínas pelo método de Kjeldahl; cinzas por incineração em mufla a 550 °C; sólidos totais ou resíduo seco, obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade; potencial hidrogeniônico (pH) utilizando pHmetro previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7; sólidos solúveis totais foi determinado pela leitura direta, com auxílio de um refratômetro digital portátil Mod. RTD-95, sendo os resultados expressos em °Brix.

Para análise dos queijos foram determinados: umidade por secagem em estufa a 105 °C, até peso constante; proteínas pelo método de Kjeldahl; cinzas por incineração em mufla a 550 °C; sólidos totais ou resíduo seco, obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade; potencial hidrogeniônico (pH) utilizando pHmetro previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7.

Os resultados da caracterização físico-química dos “queijos de quinoa” foram analisados estatisticamente com base no modelo predito para as avaliações realizadas. O modelo geral da função da regressão foi ajustado aos valores das variáveis respostas. Estes valores possuem termos lineares e não lineares conforme a equação 1.

$$Y_1 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad \text{Eq. 1}$$

Para avaliar o ajuste dos dados, observou-se a análise de variância e o coeficiente de determinação (R^2) de cada parâmetro analisado em software Statistica 6.0 (StatSoft Inc., U.S. A., 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do tempo e temperatura na maceração da quinoa

Inicialmente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de efeito significativo da interação Temperatura*Tempo. Pelos resultados obtidos (Tabela 2), nota-se que o efeito da interação Temperatura*Tempo foi significativo, a 5% de probabilidade, para os parâmetros físico-químicos estudados: proteínas expressa em absorbância (ABS), pH e acidez expressa em volume de NaOH (NaOH). Assim para esses parâmetros realizou-se o estudo do efeito do tempo para cada temperatura utilizando análise de regressão. Para o parâmetro massa do grão (PESO) a interação Temperatura*Tempo foi não significativa. Portanto, para esta característica, foi realizada a análise de regressão em função do tempo, independente da temperatura.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (ANOVA) das características físico-químicas de Absorbância (ABS), pH, massa do grão (PESO), volume de NaOH 0,1mol/L gasto na titulação (NaOH).

FV	GL	Quadrado Médio			
		ABS	pH	PESO	NaOH
Temperatura (TEMP)	2	0,64*	0,16*	40,21 ^{ns}	16,34*
Erro a	3	0,0008	0,009	4,61	0,07
Tempo (TP)	8	0,11*	0,03*	56,64*	3,69*
TEMP * TP	16	0,6*	0,03*	6,12 ^{ns}	1,06*
Erro b	24	0,02	0,01*	4,59	0,13

^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade. * Significativo, a 5% de probabilidade.

Os atributos ABS, pH e NaOH apresentaram coeficientes de regressão e falta de ajuste significativos, no entanto, a falta de ajuste para esses atributos apresentou um valor muito baixo, assim sua significância pôde ser desconsiderada e os modelos podem ser utilizados para explicar a variação desses atributos ao longo do tempo em cada temperatura. Para os dados de absorbância a 5°C e pH a 25°C não foi possível ajustar nenhum modelo. Para o atributo PESO o coeficiente de regressão e a falta de ajuste também foram significativos, no entanto, a falta de ajuste apresentou um valor muito baixo,

assim sua significância pôde ser desconsiderada e o modelo quadrático foi utilizado para explicar a variação desse atributo ao longo do tempo. Os resultados estão descritos nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

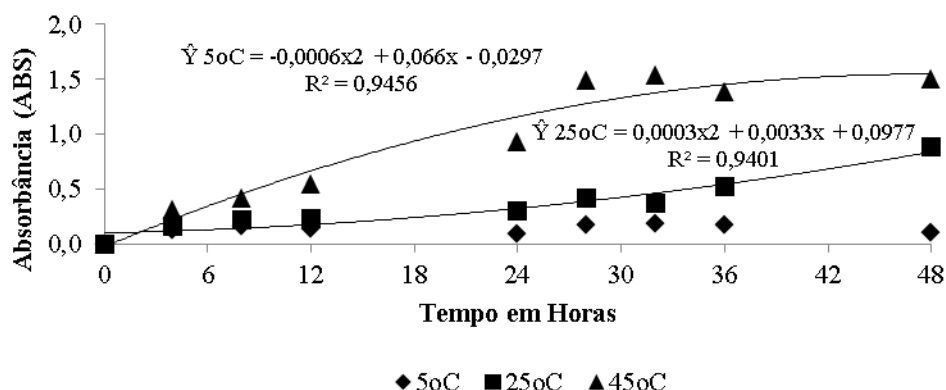


Figura 2 - Comportamento da absorbância ao longo do tempo nas três temperaturas estudadas 5, 25 e 45°C.

Em relação ao comportamento do teor da proteína na água de maceração nas diferentes temperaturas estudadas ao longo do tempo mostrado na Figura 2, nota-se que o teor de proteína é maior na água de maceração na temperatura de 45°C. Nesta temperatura temos maior migração das proteínas do grão de quinoa para a água de maceração. As absorbâncias iniciais foram 0,0 em todas as temperaturas e ao final de 48 horas os valores encontrados foram 0,10, 0,88 e 1,5 nas temperaturas de 5, 25 e 45°C respectivamente. Essa migração está associada a proteínas com capacidade de solubilização em água, como albuminas e globulinas. A perda destas proteínas na água de maceração pode ser significativa caso esta água não seja aproveitada em etapas posteriores no processamento do grão. Assim a temperatura de 5°C apresenta menor perda deste constituinte quando comparado aos demais tratamentos.

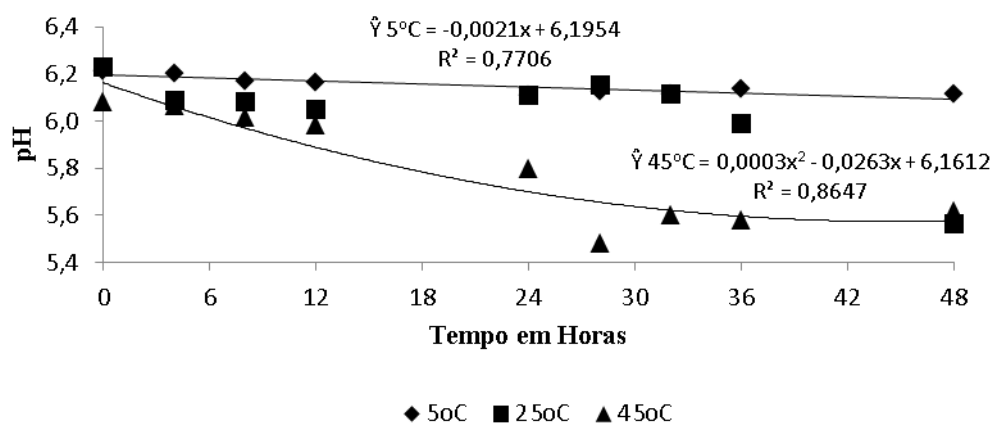


Figura 3 - Comportamento do pH ao longo do tempo nas três temperaturas estudadas 5, 25 e 45°C.

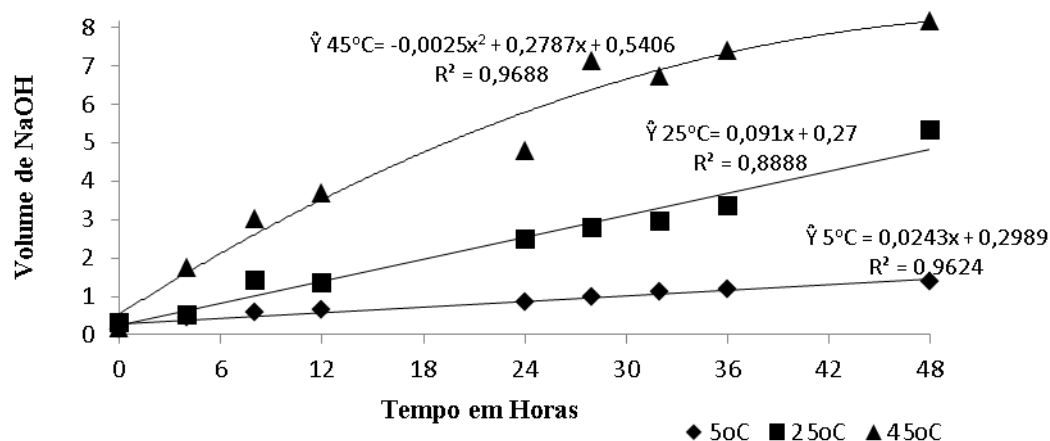


Figura 4 - Volume de NaOH (0,1 mol/L) gasto na titulação ao longo do tempo nas três temperaturas estudadas 5, 25 e 45°C.

Os resultados descritos nas Figuras 3 e 4 sobre o comportamento do pH e acidez mostram que provavelmente houve processo de fermentação durante a maceração com aumento do volume de NaOH e diminuição do valor do pH em todas as temperaturas estudadas. Até o tempo de 32-36 horas como mostra a Figura 2 os valores de pH se mantiveram próximos para temperatura de 25°C e 5°C, porém no último tempo os tratamentos se diferenciam. No tempo de 48h o tratamento a 25°C teve seu valor de pH próximo ao do tratamento a 45°C. Na temperatura de 45°C a redução do pH e aumento da acidez foi mais acelerado, sendo o volume de NaOH de 0,18 mL e pH 6,08 no tempo 0h e 8,17 mL e pH de 5,62 no tempo 48 horas. Na temperatura de 5°C os valores se mantiveram mais estáveis, com volume de NaOH iniciando com 0,13 mL e finalizando em 1,38 mL e o pH partindo de 6,21 e obtendo o valor de

6,11 no tempo de 48 h. Nota-se que a 5°C os valores de pH e acidez se mantêm sem grandes variações quando comparado aos outros dois tratamentos. Esta variação de pH e aumento de acidez pode ser associada ao processo de fermentação por microrganismos deteriorantes (PINTO, U. M et al., 2019).

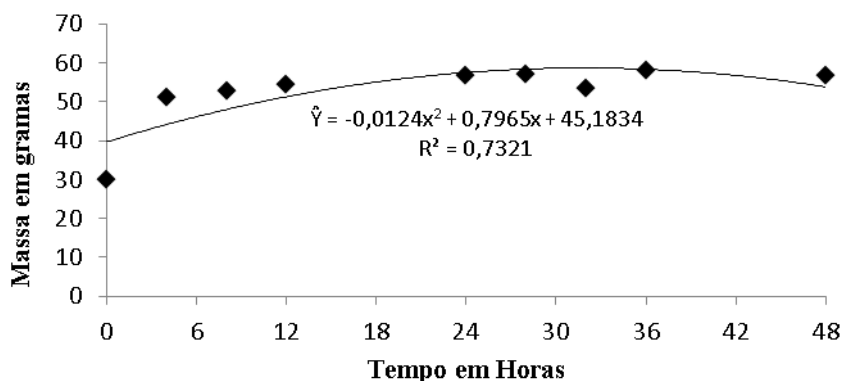


Figura 5 - Ganho de massa da quinoa ao longo do tempo

O comportamento do ganho de massa da quinoa ao longo do tempo é mostrado na Figura 5. O ganho de massa pelo grão de quinoa atingiu um ponto de encharcamento máximo em torno de 32 horas de maceração. Pelo modelo podemos estimar que em 16 horas obtivemos um encharcamento máximo em torno de 90-95%.

4.2. Processamento e caracterização do extrato hidrossolúvel de quinoa

A Figura 6 mostra o grão de quinoa sendo macerado, a Figura 7 mostra o extrato hidrossolúvel de quinoa obtido antes da filtração e a Figura 8 mostra o extrato obtido após a centrifugação. Esse extrato foi utilizado para o processamento do análogo de queijo.



Figura 6 - Grão de quinoa macerado.



Figura 7 - Filtrado obtido do processamento do extrato hidrossolúvel de quinoa antes da centrifugação.



Figura 8 - Extrato hidrossolúvel de quinoa obtido após a centrifugação.

Os valores médios obtidos dos parâmetros físico-químicos dos extratos hidrossolúveis de quinoa não centrifugados e centrifugados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização físico-química dos extratos hidrossolúveis de quinoa não centrifugados e centrifugados.

Composição	Média $\pm$ Desvio Padrão	
	Não centrifugado	Centrifugado
Umidade	73,27 $\pm$ 0,07	94,20 $\pm$ 0,13
Proteínas	3,26 $\pm$ 0,03	2,19 $\pm$ 0,04
Cinzas	0,76 $\pm$ 0,02	0,94 $\pm$ 0,03
Sólidos totais	26,73 $\pm$ 0,07	5,80 $\pm$ 0,13
pH	5,34 $\pm$ 0,03	5,42 $\pm$ 0,05
Sólidos solúveis	13,77 $\pm$ 0,32	7,17 $\pm$ 0,40

Ao analisar os resultados do extrato hidrossolúvel de quinoa em relação ao conteúdo médio de proteínas, foi observado um valor de 3,26%, alcançando-se, nesse trabalho, média próxima aos valores reportados por CIABOTTI (2004) que trabalhando com extrato de soja, verificou teores de 3,56%, MARIN et al. (2014) 1,7%, CARVALHO et al. (2011) 2,51%, SCHMIDT (2016) 3,45%.

CARVALHO et al., (2011) avaliando extrato de soja, determinaram teor médio de sólidos solúveis de 13 °Brix e pH de 6,75, e por MARIN et al. (2014) 11,5 °Brix e pH 4,45, valores também próximos aos apresentados na Tabela 3 desse trabalho. Estas variações quanto aos valores de sólidos totais se devem, principalmente, às características das matérias-primas, como também à etapa de centrifugação do extrato no presente trabalho, visto que o extrato sem centrifugar apresenta maior conteúdo de sólidos. Comparando o extrato hidrossolúvel centrifugado, o valor está mais próximo dos resultados apresentados na literatura para o extrato de soja.

A umidade encontrada foi de 73,27%, para o extrato não centrifugado. Esse valor é um pouco menor do que o encontrado no extrato centrifugado como mostra a Tabela 3. O processo de centrifugação faz a remoção de sólidos da bebida isso proporciona um aumento no teor de umidade da amostra. Portanto o extrato hidrossolúvel centrifugado apresenta um maior teor de umidade. Valores maiores de umidade foram encontrados por CARVALHO et al., (2011) 92,98% e BRANCO et al., (2007) 95,94%, e valor abaixo foi encontrado por SCHMIDT (2016) 92,19%. Pode-se considerar o valor de umidade do extrato centrifugado (94,20%) encontrado neste trabalho próximo aos valores reportados na literatura consultada para o extrato de soja.

Ao analisar os resultados do extrato hidrossolúvel de quinoa em relação ao conteúdo médio de cinzas (0,76%) nota-se que valores aproximados foram

encontrados por CARVALHO et al., (2011) e MARIN et al., (2014) com 0,84 e 0,54% respectivamente para o extrato hidrossolúvel de soja.

Dessa forma, pode-se observar que o extrato hidrossolúvel de quinoa apresenta composição semelhante ao extrato hidrossolúvel de soja de acordo com as variáveis analisadas.

4.3. Processamento e caracterização do análogo de queijo

Os extratos hidrossolúveis de quinoa foram adicionados de diferentes concentrações dos coagulantes e foram avaliados em relação aos parâmetros de proteína, umidade, cinzas, pH e sólidos totais. Apenas para os valores de umidade e sólidos totais foi possível obter um modelo predito. A adequação dos modelos completos pode ser verificada pelos coeficientes de regressão, que explicam entre 69 a 88% da variância total das respostas. A Figura 9 mostra as proteínas precipitadas depois da adição dos agentes coagulantes. As curvas de contorno obtidas para os valores de umidade e sólidos totais dos “queijos de quinoa” estão descritas nas Figuras 10 e 11.

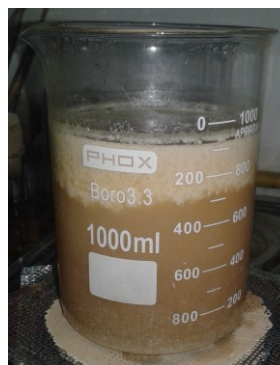


Figura 9 – Proteínas precipitadas após adição dos agentes coagulantes.

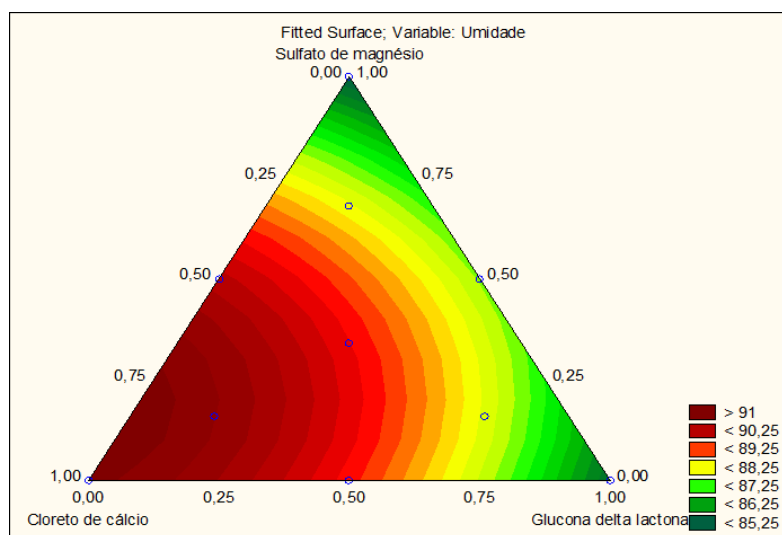


Figura 10 - Superfície de contorno do atributo Umidade dos análogos de queijo obtidos com diferentes agentes coagulantes

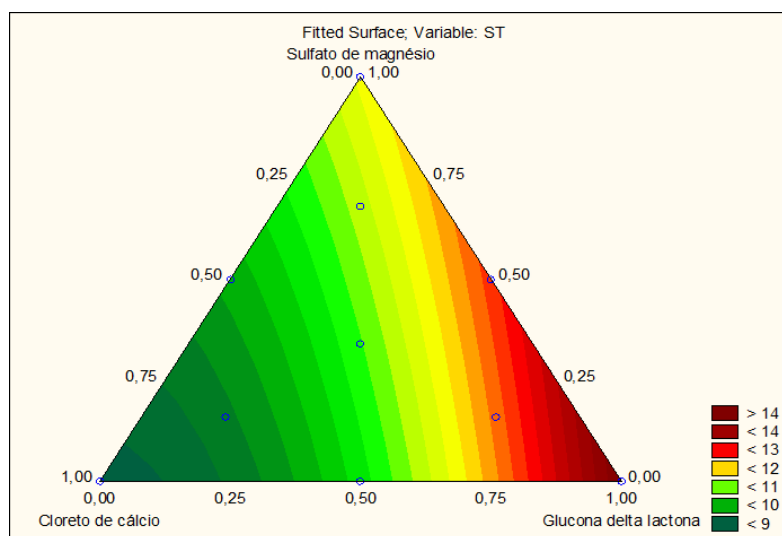


Figura 11 - Superfície de contorno do atributo Sólidos Totais dos análogos de queijo obtidos com diferentes agentes coagulantes

De acordo com o gráfico de contorno (Figura 10), observa-se que, para se obter o análogo de queijo de quinoa com menor teor de umidade deve-se

utilizar concentrações de sulfato de magnésio ou de glucona delta lactona tendendo a 100%.

Visando a obtenção de um análogo de queijo com maior teor de sólidos, deve-se utilizar concentrações tendendo a 100% de glucona delta lactona, conforme o gráfico de contorno apresentado na Figura 11.

Para os parâmetros de cinzas, pH e proteínas a análise estatística foi realizada com ANOVA (Tabela 4) e a aplicação do teste de Scott-Knott (Tabela 6), a 5% de probabilidade, para comparar os tratamentos realizados para processamento do “queijo de quinoa”.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (ANOVA) das características físico-químicas de proteínas, cinzas e pH dos “queijos de quinoa”.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Proteínas	Cinzas	pH
Tratamento	9	12,53*	0,97*	0,43*
Erro	20	0,06	0,03	0,01

^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade. * Significativo, a 5% de probabilidade.

Para realização do teste de média foram considerados dez tratamentos, pois no delineamento de misturas os tratamentos 10, 11 e 12 são iguais, ou seja, são as repetições desse delineamento. Pelos resultados obtidos da ANOVA observou-se que os valores médios para cinzas, pH e proteínas foram estatisticamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) nos tratamentos realizados, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de cinzas, pH e proteína, e os resultados obtidos no teste Scott-Knott para as diferentes formulações (F).

F	Proteínas	Cinzas	pH
1	3,68 ± 0,35 c	1,21 ± 0,02 d	4,67 ± 0,01 e
2	4,81 ± 0,26 b	1,72 ± 0,01 c	6,01 ± 0,01 a
3	1,93 ± 0,35 e	2,85 ± 0,05 a	4,96 ± 0,01 d
4	3,85 ± 0,18 c	1,85 ± 0,01 c	4,91 ± 0 d

5	2,25 ± 0,05 d	2,37 ± 0,08 b	5,13 ± 0,29 c
6	2,25 ± 0 e	2,39 ± 0,57 b	5,34 ± 0,01 b
7	7,70 ± 0,18 a	1,39 ± 0 d	4,93 ± 0,01 d
8	7,53 ± 0 a	2,07 ± 0,02 c	4,90 ± 0,02 d
9	2,85 ± 0,05 d	2,79 ± 0,11 a	5,26 ± 0 b
10	5,17 ± 0,45 b	1,60 ± 0,06 c	5,41 ± 0,01 d

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os tratamentos 7 (68% cloreto de cálcio, 16% sulfato de magnésio e 16% glucona delta lactona) e 8 (16% cloreto de cálcio, 68% glucona delta lactona e 16% sulfato de magnésio) produziram precipitados com maiores porcentagens de proteína e não diferiram estatisticamente entre si. No tratamento 7 e 8 as substâncias adicionadas em maior concentração foram o cloreto de cálcio e o ácido glucônico respectivamente. Os íons salinos levam a remoção da água de hidratação das proteínas ocasionando maior interação proteína-proteína, o que promove a agregação das suas moléculas com consequente precipitação. O ácido glucônico abaixa o pH do meio o que promove a neutralização das cargas elétricas das proteínas provocando atração entre elas formando agregados com precipitação (FENEMA et al., 2010). Vale a pena ressaltar que o efeito combinado entre alteração de pH, adição de sal e temperatura modificam a solubilidade das proteínas o que explica o maior teor de proteína encontrado nos tratamentos 7 e 8 (COULTATE, T. P. 2004). A caracterização físico-química dos precipitados de proteína analisados encontrou-se próxima aos valores da literatura. CIABOTTI (2004), DE CARLI et al. (2015) e GONÇALVES (2014) relataram em tofus valores médios de 9,19%, 11,4% e 9,21% de proteínas, respectivamente. Esses valores são superiores aos obtidos neste trabalho. Sugere-se que esse resultado pode ser devido ao conteúdo proteico presente no grão, visto que o grão de soja apresenta teor de proteínas mais elevado quando comparado ao grão de quinoa, sendo aproximadamente 32,77% e 13%, respectivamente. Pelos resultados obtidos para o “queijo de quinoa”, pode-se inferir que o método utilizado para o processamento do produto conseguiu extrair bem a

proteína do extrato hidrossolúvel, obtendo-se um valor bem próximo aos reportados por outros autores que analisaram tofu.

Em relação ao conteúdo de cinzas, CIABOTTI (2004) analisando tofus relatou o resultado de 0,86%. Já SCHMIDT (2016) que analisou também tofu relatou 0,53% para o conteúdo de cinzas e pH de 5,07 aproximadamente. O teor de cinzas encontrado nesta pesquisa foi superior ao encontrado em tofus.

5. CONCLUSÃO

Observa-se que em temperaturas de 25 e 45°C há uma maior perda de proteínas do grão para a água de maceração, além de alterações significativas em valores de pH e acidez. Porém em termos de conservação do material a maceração à 5°C tem maiores benefícios, uma vez que o pH é pouco afetado. O encharcamento dos grãos é independente da temperatura, sendo o encharcamento máximo obtido em cerca de 32 horas. Um encharcamento de 90-95% do valor máximo é obtido com 16 horas, sendo este suficiente para obter um grão macio para etapas posteriores de processamento. Assim recomenda-se a maceração da quinoa em uma temperatura de 5°C por 16 horas.

Os extratos hidrossúveis de quinoa apresentaram parâmetros físico-químicos similares aos valores encontrados na literatura para o extrato de soja.

Os queijos de quinoa apresentaram um bom valor médio de proteínas, sendo os tratamentos 7 e 8 os que apresentaram os melhores desempenhos para obtenção de um análogo de queijo obtido de quinoa com maior teor de proteína.

Para obtenção de um “queijo de quinoa” com menor teor de umidade e maior conteúdo de sólidos totais, é mais viável utilizar uma maior concentração de glucona delta lactona.

Diante disso, mais estudos devem ser realizados para entender melhor esse comportamento dos agentes coagulantes para produção do análogo de queijo de quinoa, como também explorar outros tipos de coagulantes que possam ser utilizados de forma a obter melhores resultados. Cabe ainda outros estudos para avaliar as características sensoriais do produto, tanto para o extrato hidrossolúvel de quinoa quanto para o “queijo de quinoa”.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENASSI, V.T.; BENASSI, M.T.; PRUDENCIO, S. H. Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p.1901-1914, 2011.

BICUDO, M.O.P.; VASQUES, É.C.; ZUIM, D. R.; CANDIDO, L.M.B. Elaboração e Caracterização de Bebida Fermentada à Base de Extrato Hidrossolúvel de Quinoa com Polpa de Frutas. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 19-26, jan./jun. 2012.

BORGES, J. T.; BONOMO, R.C.; PAULA, C.D.; OLIVEIRA, L.C.; MÁRCIA C. CESÁRIO, M.C. Características Físico-Químicas, Nutricionais e Formas de Consumo da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas Agrários**- vol. 15:(1) enero - junio 2010 (9 - 23).

BRANCO, I. G.; TEIXEIRA, A. M.; RIGO, M.; BASTOS, R. G. Avaliação da aceitabilidade sensorial de uma bebida à base de extrato hidrossolúvel de soja, polpa de morango e sacarose. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.9, n.1, 2007.

BRANDÃO, S.C.C.; MATEDI, M.A.L.; CARDOSO, M.G.L.O. **Alergia e Intolerância ao Leite de Vaca**. Disponível em: <http://www.dta.ufv.br/artigos/tolerancia.htm>. Acesso em: 13 de abr. de 2015.

CARVALHO, W. T.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quinoa de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, 2011.

CASTRO, L.Í.A.; VILA REAL, C.M.; PIRES, I.S.C.; PIRES, C.V.; PINTO, N.A.V.D.; MIRANDA, L.S.; ROSA, B, C.; DIAS, P.A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Digestibilidade In Vitro, Desenvolvimento e Análise Sensorial de Preparações Destinadas a Pacientes Celíacos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.18, n.4, p. 413-419, out./dez. 2007.

CIABOTTI, S. **Aspectos químico, físico-químico e sensorial de extratos de soja e tofus obtidos dos cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase**. Lavras:UFLA,2004. 122 p.

CIABOTTI, S.; BARCELOS, M.F.P.; PINHEIRO, A.C.M.; CLEMENTE, P.R.; LIMA, M.A.C. Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenase. **Ciênc.Tecnol.Aliment.**, Campinas, 27(3): 643-648, jul.-set. 2007.

CORNELL, J. A. **Experiment with Mixtures: Design, Models and Analysis of Mixtures Data**. John Wiley, New York, NY, 1983.

COULTATE, T.P. Alimentos: a química e seus componentes. In.: _____. **Proteínas**. Trad. Jeverson Frazzon et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 5, p. 107.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. Química de Alimentos de Fennema. In.: **Interações Físicas e Químicas dos Componentes dos Alimentos**. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 14, p.676-677.

DE CARLI, E. M., TIRLONI, A., PIETTA, G.M. Elaboração de queijo de soja. **Revista CSBEA**, v. 1, n. 1, 2015.

EMBRAPA. **Quinoa: Alternativa para diversificação agrícola e alimentar**/Editor técnico: Carlos Roberto Spehar. Planaltina, DF: Embrapa cerrados, 2007.103p.

GEWEHR, ET AL. **Análises químicas em flocos de quinoa : caracterização para a utilização em produtos alimentícios chemical analysis of quinoa flakes : characterization for use in food products**. p. 280-287, 2012.

GONÇALVES, L.C. **Avaliação química e tecnológica de grãos de soja para elaboração e caracterização de tofus**. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4ºed. São Paulo, 2008. 1020 p.

MARIN, M.; MADRUGA, N. A.; RODRIGUES, R. S.; MACHADO, M. R. G. Caracterização físico-química e sensorial de bebida probiótica de soja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.32, n.1, 2014.

NOWAK, V., et al. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Chemistry** (2016), Volume 193, 15 February 2016, Pages 47-54.

PINELI, L.L.O.; BOTELHO, R.B.A.; ZANDONADI, R.P.; SOLORZANO, J.L.; DE OLIVEIRA, G.T.; REIS, C.E.G.; TEIXEIRA, D.D.S. Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk, **LWT - Food Science and Technology** (2015), Volume 63, Issue 2, October 2015, Pages 1261-1267.

PINTO, U. M.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B. D. G. M. Deterioração Microbiana de Alimentos. In: Jackline Freitas Brilhante de São José; Monise Viana Abranches. (Org.). **Microbiologia e higiene de alimentos - teoria e prática**. 1ed.Rio de Janeiro: Rubio, 2019.

SCHMIDT, J. T. **Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo tofu utilizando coagulantes vegetais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

SPEHAR, C.R. Adaptação da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Para Incrementar a Diversidade Agrícola e Alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, jan./abr. 2006.

TANG, Y.; LI, X.; CHEN, P.X.; ZHANG, B.; HERNANDEZ, M.; ZHANG, H.; MARCONE, M.F.; LIU, R.; TSAO, R. Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. **Food Chemistry**, 174 (2015), p. 502–50