

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE**  
**TORTAS DE CRAMBE**

**FELIPE SAMWAYS SANTOS**

**CASCADEL**

**2019**

**FELIPE SAMWAYS SANTOS**

**MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE  
TORTAS DE CRAMBE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção de título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Silvia Renata Machado Coelho.

**CASCADEL**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Santos, Felipe Samways

Métodos de obtenção e caracterização de concentrado proteico de tortas de crambe / Felipe Samways Santos; orientador(a), Silvia Renata Machado Coelho, 2019.  
73 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2019.

1. Crambe. 2. Proteína. 3. Press cake. 4. Propriedades tecnológicas. I. Coelho, Silvia Renata Machado. II. Título.

**FELIPE SAMWAYS SANTOS**

**MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCENTRADO  
PROTEICO DE TORTAS DE CRAMBE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção de título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-Colheita, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Orientadora Dr<sup>a</sup>. Silvia Renata Machado Coelho  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Prof. Dr. Divair Christ  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Simone Damasceno Gomes  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Nayara Parisoto Boiago  
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – Cascavel

Prof. Dr. Ricardo Sonsim de Oliveira  
Instituto Federal do Paraná, IFPR - Cascavel

Cascavel, 15 de fevereiro de 2019

## **BIOGRAFIA**

Felipe Samways Santos é nascido no dia 11 de outubro de 1988, em Foz do Iguaçu – PR.

Em dezembro do ano de 2010, graduou-se em Engenharia Ambiental pela Faculdade Dinâmica das Cataratas.

No ano de 2013 iniciou curso de pós-graduação em Gestão Ambiental em Municípios pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, concluído em 2015.

Ainda em 2015, obteve o título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

No mesmo ano, ingressou no curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, atuando no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas – LACON.

*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”.*

*Theodore Roosevelt*

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

*Marthin Luther King*

**À Soraya, minha mãe e Carlinhos, meu avô  
dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao final desta etapa, gostaria de agradecer a quem contribuiu não somente para minha qualificação profissional, mas também para minha formação como ser humano. Desculpo-me com aqueles que por ventura eu esqueça de aqui citar, pois a emoção de chegar até este momento se sobressai à boa memória. Assim, agradeço:

À Deus, primeiramente, por guiar meus passos e sempre me conceder força para superar os obstáculos diários.

À minha mãe, por todo apoio e suporte não só em minha formação e qualificação profissional, mas principalmente por não medir esforços para formação de meu caráter e conduta.

Ao meu avô, que com certeza é meu maior exemplo de honra, caráter e honestidade.

À minha avó, por ser minha maior incentivadora na busca pela qualificação profissional.

À minha namorada Juliana, pelo carinho, paciência e parceria, e principalmente pelo apoio nos momentos de dúvida e angústia.

Aos demais familiares que de alguma forma contribuíram para minha formação, muito obrigado!

Aos professores que tive, agradeço pelo conhecimento compartilhado.

À professora Silvia, a quem tive como orientadora e tenho como exemplo de profissional pela dedicação e entusiasmo com que conduz suas aulas. Professora, obrigado por dividir comigo todo seu conhecimento.

À Nayara Boiago e a Diandra Ganascini, não somente pela convivência e amizade dentro do laboratório, mas principalmente pelo tanto que aprendi com vocês.

À UNIOESTE, Instituto Agrônomo do Paraná e Faculdade Assis Gurgacz, por disponibilizarem estrutura e material para realização desta pesquisa, bem como à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.



# MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE TORTAS DE CRAMBE

## RESUMO

Este trabalho objetivou estabelecer um método de extração de concentrado proteico de torta de crambe. A pesquisa, dividida em duas etapas, foi desenvolvida no LACON, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* de Cascavel. Na etapa I, a extração dos concentrados proteicos ocorreu a partir dos seguintes métodos: IA – solubilização de proteína com torta desengordurada; IB – solubilização de proteínas com torta integral; II – precipitação isoelétrica; III – extração alcoólica. O método de precipitação isoelétrica apresentou maior teor de proteína no concentrado, com 75,65%. Os métodos de solubilização e extração alcoólica apresentaram pouco mais de 40%. Os maiores rendimentos de concentrado proteico e rendimento de extração de proteína foram obtidos pelo método de solubilização com tortas integral e desengordurada. A quantidade de taninos presente no concentrado obtido por extração alcoólica foi de 577,86 mg kg<sup>-1</sup>, estatisticamente inferior aos 916,75 mg kg<sup>-1</sup> presentes na torta, sendo este o único método aplicado capaz de reduzir este composto na etapa I. Na etapa II utilizou-se apenas o método de precipitação isoelétrica, e o objetivo foi obter concentrados proteicos a partir de tortas armazenadas e desengorduradas. O rendimento de extração de proteína da torta sem armazenamento foi de 62,75%, enquanto o rendimento de concentrado proteico foi de 33,63%. Os concentrados proteicos obtidos de tortas sem armazenamento, e armazenadas por 1 e 3 anos, apresentaram, respectivamente 79,32; 73,44 e 72,04% de proteína. A capacidade de absorção de água dos concentrados reduziu em função do armazenamento das tortas, assim como a capacidade de absorção de óleo. Observou-se leve redução da solubilidade proteica ao longo do armazenamento das tortas. Quanto à cor dos concentrados, visualmente, notou-se tendência à cor marrom. Porém, os parâmetros L\*, b\* e c\* apresentaram diferenças significativas e indicaram escurecimento do concentrado pelo tempo de armazenamento das tortas. Houve redução de taninos nos concentrados proteicos obtidos de tortas armazenadas por 1 e 3 anos, quando esta variável foi comparada à quantidade presente nas tortas. Porém, no concentrado de torta sem armazenamento, não foi constatada essa redução.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica* Hochst, precipitação isoelétrica, propriedades funcionais, proteína

# PRODUCTION AND CHARACTERIZATION METHODS OF CRAMBE CAKE PROTEIN CONCENTRATE

## ABSTRACT

This trial aims at establishing an extraction method of crambe cake protein concentrate, which was developed in two steps, at LACON, at the Western Paraná State University - campus of Cascavel. During the first phase, protein concentrate extraction was obtained according to the following methods: IA - protein solubilization with defatted press cake; IB - protein solubilization with the whole press cake; II - isoelectric precipitation; III - alcoholic extraction. The isoelectric precipitation method showed the highest content of protein in concentrate (75.65%). The solubilization and alcoholic extraction showed a bit more than 40%. The highest yields of protein concentrate and protein extraction yield were obtained by the solubilization method with the whole and defatted press cakes. The amount of tannins in concentrate obtained by alcoholic extraction was 577.86 mg kg<sup>-1</sup>, statistically lower than 916.75 mg kg<sup>-1</sup> in the press cake. And this was the sole applied method, capable of decreasing this compound on step I. On the second phase, the isoelectric precipitation method was the only one applied, and the objective was to obtain protein concentrates from stored and defatted press cakes. The protein extraction yield of a pressed cake without storage was 62.75%, while the protein concentrate yield was 33.63%. The protein concentrates obtained from cakes without storage, and stored for 1 to 3 years were, respectively, 79.32; 73.44 and 72.04% protein. Water absorption capacity of the studied concentrates decreased due to the cakes storage, as well as oil absorption capacity. It was recorded that there was a little decrease of protein solubility during cake storage. And concerning the concentrate's color, it was visually observed some trend to the brown color. However, parameters such as L\*, b\* and c\* presented significant differences and indicated the darkening of a concentrate due to the pressed cakes storage time. Tannins decreased in protein concentrates obtained off press cakes stored for 1 and 3 years, when this variable was compared to the amount present in the studied cakes. Although, it was not observed any decrease in the pressed cake concentrate without storage.

**Keywords:** *Crambe abyssinica* Hochst, isoelectric precipitation, functional properties, protein

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
3.1 <i>Crambe abyssinica Hochst</i> .....	4
3.2 Óleo e torta de crambe: produtos de interesse .....	5
3.2.1 Óleo de crambe .....	5
3.2.2 Torta de crambe .....	7
3.3 Elementos antinutricionais.....	8
3.3.1 Taninos .....	9
3.4 Concentrados proteicos.....	10
3.5 Propriedades funcionais .....	13
3.5.1 Solubilidade.....	13
3.5.2 Capacidade de absorção de água.....	15
3.5.3 Capacidade de absorção de óleo .....	16
3.6 O armazenamento e a manutenção da qualidade de grãos.....	17
3.7 Parâmetros de cor .....	21
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
4.1 Etapa I - Métodos de obtenção de concentrados proteicos de torta de crambe.....	24
4.1.1 Material .....	24
4.1.2 Caracterização das tortas de crambe .....	25
4.1.2.1 Teor de água .....	25
4.1.2.2 Teor de proteína .....	26
4.1.2.3 Teor de óleo .....	26
4.1.2.4 Taninos .....	26
4.1.2.5 Obtenção do ponto isoelétrico das tortas de crambe .....	27
4.1.3 Obtenção dos concentrados proteicos por diferentes métodos .....	27
4.1.3.1 Método IA - Obtenção de concentrado proteico de torta desengordurada por solubilização das proteínas .....	27

4.1.3.2 Método IB - Obtenção de concentrado proteico de torta integral por solubilização das proteínas .....	28
4.1.3.3 Método II - Obtenção de concentrado proteico por precipitação isoelétrica .....	28
4.1.3.4 Método III - Produção de concentrado proteico por tratamento alcoólico.....	28
4.1.4 Métodos analíticos.....	29
4.1.4.1 Rendimento de extração de proteína.....	29
4.1.4.2 Rendimento de concentrado proteico .....	29
4.1.5 Delineamento experimental e análise estatística na etapa I .....	30
4.2 Etapa II - Obtenção de concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas .	30
4.2.1 Material .....	30
4.2.2 Caracterização das tortas de crambe .....	31
4.2.3 Obtenção de concentrado proteico de torta de crambe por precipitação isoelétrica .	31
4.2.4 Métodos analíticos.....	31
4.2.4.1 Capacidade de absorção de água.....	31
4.2.4.2 Capacidade de absorção de óleo .....	32
4.2.4.3 Parâmetros de cor.....	32
4.2.4.4 Solubilidade proteica .....	32
4.2.4.5 Balanço de massa.....	33
4.2.5 Delineamento experimental e análise estatística na etapa II .....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
5.1 Etapa I - Métodos de obtenção de concentrados proteicos de torta integral de crambe	34
5.2 Etapa II - Obtenção de concentrado proteico e alteração físico química das tortas de crambe ao longo do armazenamento .....	40
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Composição química dos grãos e rendimento de extração do óleo de grãos de crambe .....	6
<b>Tabela 2</b>	Composição de ácidos graxos presentes no óleo de crambe .....	20
<b>Tabela 3</b>	Características da prensa mecânica.....	25
<b>Tabela 4</b>	Composição química das tortas de crambe .....	35
<b>Tabela 5</b>	Massa de proteína no concentrado proteico, rendimento do concentrado proteico, teor de proteína, rendimento de extração de proteína de torta de crambe .....	36
<b>Tabela 6</b>	Quantidade de taninos nas tortas e concentrados proteicos.....	38
<b>Tabela 7</b>	Médias de teor de água, teor de proteína e quantidade de taninos nas tortas armazenadas de grãos de crambe .....	40
<b>Tabela 8</b>	Médias da massa do concentrado proteico, rendimento de concentrado proteico e massa de proteína no concentrado proteico .....	40
<b>Tabela 9</b>	Médias dos teores de proteína obtidos nos concentrados proteicos e resíduos após filtração .....	41
<b>Tabela 10</b>	Médias de capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) dos concentrados proteicos .....	42
<b>Tabela 11</b>	Valores dos parâmetros L*, a*, b* e C* obtidos a partir de análise de cor dos concentrados proteicos de tortas de crambe .....	45
<b>Tabela 12</b>	Cor média dos concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas .....	46
<b>Tabela 13</b>	Quantidade de taninos presentes nas tortas e concentrados proteicos de crambe. ....	47
<b>Tabela 14</b>	Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe sem armazenamento.....	54
<b>Tabela 15</b>	Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe armazenada durante 1 ano .....	56
<b>Tabela 16</b>	Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe armazenada durante 3 anos.....	58

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema de cores CIELAB. ....	22
<b>Figura 2</b>	Sistema de cores RGB. ....	22
<b>Figura 3</b>	Curva de solubilidade para obtenção do ponto isoeletrico (pI) da torta integral de crambe. ....	34
<b>Figura 4</b>	Perfis de solubilidade proteica de concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas. ....	48
<b>Figura 5</b>	Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe imediatamente após prensagem. ....	50
<b>Figura 6</b>	Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe armazenada durante 1 ano. ....	51
<b>Figura 7</b>	Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe armazenada durante 3 anos. ....	52

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>BSA</b>	Bovino Soro Albumina
<b>CIE</b>	Commission Internationale de l'Eclairage
<b>CAA</b>	Capacidade de absorção de água
<b>CAO</b>	Capacidade de absorção de óleo
<b>FAG</b>	Faculdade Assis Gurcagz
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration
<b>HCl</b>	Ácido clorídrico
<b>NaOH</b>	Hidróxido de Sódio
<b>IAPAR</b>	Instituto Agronômico do Paraná
<b>IAL</b>	Instituto Adolfo Lutz
<b>LACON</b>	Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas
<b>MCP</b>	Massa do concentrado proteico
<b>MIE</b>	Massa de torta no início da extração
<b>PBCP</b>	Massa de proteína bruta no concentrado proteico
<b>PBIE</b>	Massa de proteína bruta presente no início da extração
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico
<b>PNPB</b>	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
<b>RGB</b>	Red, Green, Blue (Sistema de cores)
<b>L*</b>	Luminosidade
<b>a*</b>	Componente vermelho-verde
<b>b*</b>	Componente amarelo-azul
<b>C*</b>	Croma
<b>H*</b>	Tonalidade cromática ou coloração
<b>UR</b>	Umidade relativa

## 1 INTRODUÇÃO

A constante busca por novas tecnologias e produtos que atendam às necessidades humanas é tema evidente na sociedade contemporânea e desperta o interesse de pesquisadores e instituições. Desde a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e a crescente demanda por óleos vegetais para atender às necessidades alimentares humanas, a cultura do crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) ganhou posição de destaque no cenário agroenergético, principalmente em função de algumas características que permitem que óleo e torta ou farelo sejam aplicados em diversas atividades industriais.

Embora os grãos de crambe possuam um teor de óleo de, aproximadamente, 40%, não são recomendados para alimentação humana em função da toxicidade provocada pela alta concentração de compostos antinutricionais, diferente de culturas como soja (*Glycine max*), amendoim (*Arachis hypogaea*) e girassol (*Helianthus annuus*), já consolidadas na dieta humana.

Os métodos mais aplicados para extração de óleo de culturas oleaginosas ocorrem por meio de prensagem de grãos e/ou por meio do uso de solventes tradicionais como hexano e éter de petróleo. Desse modo, o óleo vegetal extraído de grãos de crambe pode ser empregado na indústria para produção de plásticos, borrachas e detergentes, mas não na alimentação humana. Pode ainda ser utilizado como fluido isolante em redes de transmissão de energia elétrica e na produção de biocombustíveis.

A torta de grãos de crambe é o principal resíduo gerado a partir da prensagem para extração do óleo. Sabe-se que o teor proteico presente na torta de crambe é variável, entretanto, situa-se em torno de 30%, o que desperta o interesse de avaliação e tratamento para aplicação como adubo orgânico, bem como na utilização em dietas alimentares de animais ruminantes, evidenciando a possibilidade de melhor aproveitamento do conteúdo proteico presente na torta de grãos de crambe.

Contudo, a presença de alguns compostos antinutricionais, principalmente taninos e ácido erúico, restringe a aplicação e o aproveitamento da torta de crambe, o que justifica a necessidade de incremento em pesquisas sobre o assunto.

Nota-se também a necessidade de transformação desses compostos em concentrados ou isolados proteicos. No entanto, para um produto ser caracterizado como concentrado proteico deve apresentar no mínimo 68% de proteína, enquanto o isolado proteico deve apresentar teor mínimo de 88% de proteína em base seca.



De modo geral, os concentrados proteicos podem ser aproveitados, principalmente na suplementação da alimentação animal ou até mesmo na alimentação humana. Entretanto, a viabilidade de aplicação e aproveitamento dos concentrados é dada em função da avaliação de propriedades funcionais como a solubilidade proteica, capacidade de absorção de água e óleo, dentre outras, que estabelecerão a caracterização tecnológica desses concentrados proteicos, indicando seu potencial de uso.

Embora pesquisas recentes tenham demonstrado algumas vantagens relativas à aplicação da torta de crambe na lavoura e pecuária, alguns aspectos ainda precisam ser considerados. Como o número de pesquisas relacionadas à temática ainda é bastante incipiente, a utilização da torta de crambe em atividades agrícolas ainda requer alguns cuidados. Pela análise das características apresentadas, nota-se a possibilidade do incremento de subprodutos de crambe na agroindústria. Desse modo, definiu-se como objetivo do presente trabalho estabelecer um método para obtenção e caracterização de concentrados proteicos de tortas de crambe.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Definir melhor método para extração de concentrado proteico de tortas de crambe.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar e avaliar parâmetros físico-químicos das tortas de crambe.
- Estimar e avaliar o teor de proteína, rendimento dos concentrados proteicos e recuperação de proteína.
- Estabelecer e avaliar parâmetros de cor, capacidade de absorção de água, capacidade de absorção de óleo, curva de solubilidade dos concentrados proteicos.
- Quantificar a presença de taninos nas tortas e nos concentrados proteicos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 *Crambe abyssinica Hochst*

O crambe é uma espécie oleaginosa nativa da região mediterrânea, cultivada na América do Sul, América do Norte, Europa, Ásia e África.

Pertencente à família das brássicas, é uma cultura rústica e adaptável. Entretanto, apresenta complexidade em algumas características genéticas (WARWICK; GUGEL, 2003), como o amadurecimento desuniforme e a deiscência na maturação de grãos.

Apresenta altura média de 1 m e se ramifica muito próximo ao solo. Suas folhas são ovais e assimétricas e suas flores são brancas. Seu fruto é uma cápsula denominada botanicamente de síliqua e apresenta coloração verde ou marrom esverdeado e, após madura, passa a apresentar uma coloração amarelada (OPLINGER et al., 1991). Cada síliqua possui uma única semente de cor verde ou marrom esverdeado, com diâmetro entre 0,8 e 2,5 mm (DESAI; KOTTECHA; SALUNKHE, 2004).

De acordo com Souza et al. (2009), as sementes são do tipo cariopse e apresentam forma esférica, envolvida por uma estrutura tegumentar denominada pericarpo. De modo geral, o pericarpo apresenta função de proteção das sementes contra danos físicos, funcionando como barreira para a entrada de micro-organismos, mantendo a qualidade da semente armazenada. O pericarpo representa de 25 a 30% do peso total dos frutos com, aproximadamente, 40% de lignina e 41% de celulose (LAZZERI et al., 1994; GASTALDI et al., 1998).

Pitol, Broch e Roscoe (2010) recomendam que, no Brasil, a semeadura do crambe ocorra entre os meses de março a junho, dependendo da precipitação ocorrida na região. O espaçamento entre linhas deve ser de 0,17 a 0,45 m, a densidade de semeadura entre 8 e 22,5 kg ha<sup>-1</sup>, e a profundidade de semeadura deve ser de 3 cm (KNIGHTS, 2002).

Santos et al. (2012) ressaltam algumas das principais características do crambe: a fácil adaptação, rusticidade e precocidade, além da possibilidade de mecanização em todas as etapas do ciclo da cultura favorecem o seu desenvolvimento e podem alavancar o cultivo desta espécie.

Pitol, Broch e Roscoe (2010) afirmam que o ciclo do crambe é relativamente curto, compreendendo, aproximadamente, 90 dias e, embora, tolerante ao frio e à seca, recomenda-se que até o florescimento, a umidade seja razoável e constante. Contudo, nesse mesmo período, a planta apresenta os maiores riscos, ficando vulnerável às geadas.

Após o florescimento, recomenda-se que o desenvolvimento da cultura ocorra em condições de menor umidade. Isso diminui a incidência de algumas doenças como o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), mancha de alternária (*Alternaria* sp.), canela preta (*Leptosphaeria maculans*) e podridão de raízes (*Pythium* sp.) (GLASER, 1996).

Pitol, Broch e Roscoe (2010) afirmam que a tolerância do crambe à estiagem se deve à capacidade de atingir camadas profundas, apresentada pelo sistema radicular pivotante da cultura. Entretanto, para que o sistema radicular atue de modo eficiente, é necessário que o solo esteja em condições favoráveis ao desenvolvimento radicular.

A produtividade de grãos da cultura na Europa e nos Estados Unidos já é superior a 3000 kg ha<sup>-1</sup> (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010). No Brasil, Pitol (2008) afirma que a produtividade média está entre 1.000 e 1.500 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa, aproximadamente, 400 kg ha<sup>-1</sup> de óleo (ROSCOE; DELMONTES, 2008).

No Brasil, os primeiros estudos relacionados ao crambe foram realizados em Mato Grosso do Sul, pela Fundação MS, com o objetivo de avaliar o desempenho da cultura como espécie de cobertura para solos com sistema de plantio direto já consolidado, contudo, os resultados apresentados não foram satisfatórios, uma vez que a produção de massa seca do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L) foi superior à do crambe (PITOL, 2008). Apesar do insatisfatório desempenho apresentado à época, Ferreira e Silva (2011) afirmaram que o crambe apresenta características de interesse, como fácil mecanização, embora o tamanho dos grãos represente dificuldade no ato da semeadura, além de ser uma espécie oleaginosa que pode ser utilizada como recuperadora da estrutura do solo em sistemas de rotação de culturas.

Pesquisadores têm demonstrado interesse na cultura, pois os altos teores de óleo e proteínas encontrados nos grãos favorecem seu uso em diversos segmentos industriais.

## **3.2 Óleo e torta de crambe: produtos de interesse**

### **3.2.1 Óleo de crambe**

A cultura do crambe destaca-se no cenário agroenergético pelo elevado teor de óleo presente nos grãos, tornando-o o principal produto extraído da cultura. Pitol, Broch e Roscoe (2010) estimam que o cultivar FMS Brilhante apresente, em média, 36% de óleo.

Na Tabela 1 está apresentada a composição físico-química dos grãos de crambe, o que representa uma das principais características da cultura e lhe confere boa parte de seu valor comercial.

**Tabela 1** Composição química dos grãos e rendimento de extração do óleo de grãos de crambe

Composição	%
Matéria seca	91,61
Lipídeos	44,1
Proteína bruta	21,3
Cinzas	5,08
Glicose	1,32
Sacarose	1,83
Amido	14,75
Fibra alimentar	13,32
Rendimento de extração de óleo	78,95

**Fonte:** Souza et al. (2009).

As características químicas presentes no óleo correspondem à elevada presença de ácidos graxos que diferem entre si a partir de três características: o tamanho de sua cadeia hidrocarbônica, o número de insaturações e a presença de agrupamentos químicos (POLEDNA, 2005).

A presença do ácido erúico é o que dá ao grão a característica não comestível (LI et al., 2011). Contudo, o mesmo ácido se caracteriza como de alto potencial para uso na indústria em geral. Zanetti, Vameralib e Mosca (2009) destacam o crescimento no uso de ácido erúico, principalmente na produção de erucamida, um agente deslizante aplicado em filmes de polietileno e polipropileno (TEMPLE-HEALD, 2004).

Presente naturalmente nas crucíferas, o ácido erúico apresenta 22 carbonos (NO et al., 2013), característica que confere ao óleo alta qualidade como fluido lubrificante, pois a longa cadeia carbônica permite que o óleo suporte temperaturas elevadas e permaneça líquido quando em baixas temperaturas (WANG; TANG; CHU, 2000). Por apresentar alta estabilidade e baixo ponto de fusão é muito promissor para a produção de biodiesel por (FUNDAÇÃO MS, 2008).

Por não ser comestível, o óleo de crambe pode ser aplicado em diversos segmentos industriais, como a produção de biocombustível. Ainda, Santos et al. (2012) afirmam que o óleo extraído da semente de crambe pode ser empregado na produção de lubrificante industrial, na fabricação de borracha, nylon, plásticos e adesivos, entre outros.

Santos et al. (2015) afirmam que a canola (*Brassica napus*) ainda é uma das principais fontes de ácido erúico para a indústria. Contudo, a produção atual não consegue satisfazer toda a demanda industrial, permitindo ao crambe a possibilidade de evolução e consolidação no cenário agroindustrial. Os autores relatam ainda a toxicidade do ácido erúico ao organismo humano, podendo causar sérias doenças cardíacas, o que faz com

que a cultura seja implantada apenas para fins industriais, não havendo competição com a indústria alimentícia.

### 3.2.2 Torta de crambe

A extração de óleo de espécies vegetais usadas como fonte de matéria prima para produção de biodiesel gera um subproduto denominado torta. Embora muitos subprodutos de espécies vegetais apresentem características químicas que permitem sua utilização em escala industrial, por vezes, sejam deixados de lado e não passem por um processo de agregação de valor, tendo em vista o desconhecimento do potencial nutricional e econômico, e também pela presença de compostos antinutricionais que podem causar toxidez, resultando no acúmulo material que se torna um passivo ambiental (BRÁS, 2011). A tecnologia aplicada na extração do óleo é determinante para as características do subproduto, pois as tortas são obtidas após a extração mecânica e os farelos após a extração com solventes, sendo que os farelos geram resíduos com menor teor de óleo, quando comparados aos das tortas.

A torta e o farelo representam subprodutos agroindustriais bastante proteicos e passíveis de utilização na complementação da alimentação de ruminantes (ABDALLA et al., 2008; MIZUBUTI et al., 2011), tendo como vantagem, além da ingestão proteica, a redução de custos com alimentação. Entretanto, o governo dos Estados Unidos da América, por meio do FDA, órgão responsável pela defesa animal e vegetal do país, aprovou o consumo de 4,2% de farelo de crambe na dieta de bovinos de corte e vetou o uso de torta ou farelo para a alimentação de não ruminantes considerando a incapacidade de digestão do material. No Brasil, Mendonça et al. (2015) avaliaram a torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento e concluíram que a torta pode ser utilizada em até 20% da dieta de bovinos de corte confinados.

Além da utilização como complemento na dieta animal, a torta pode ser usada como adubo orgânico, acrescentando nutrientes ao solo.

Pereira et al. (2014) avaliaram o efeito da aplicação de doses (0, 1, 2, 3, 4, e 5 ton ha<sup>-1</sup>) de torta de crambe sobre o desenvolvimento inicial de plantas de girassol. Os resultados demonstraram inibição na germinação *in vitro*, independentemente da dose aplicada. Contudo, a aplicação de até 2 ton ha<sup>-1</sup> *in vivo* demonstrou-se favorável à produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea das plantas.

A torta de crambe apresenta alto teor de proteína e lipídeos, além de tronina, lisina, metionina e cisteína, aminoácidos dificilmente encontrados em outros cereais (GOES et al., 2010).

Souza et al. (2009) avaliaram a composição química de sementes e tortas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L), rabanete (*Raphanus sativus* L) e crambe por meio do método de dupla prensagem de grãos inteiros e constataram que o crambe apresentou teor de lipídeos de 15,88% e teor de proteína de 31,73%. As tortas de pinhão manso e rabanete apresentaram teores de proteína de 28,66% e 49,47%, respectivamente. Quanto aos teores de fibra alimentar, evidenciou-se que a torta de crambe apresentou aproximadamente 28%. As tortas de pinhão manso e rabanete apresentaram teores de fibra alimentar de 36,68% e 13,70%, respectivamente.

Donadon et al. (2015) observaram que o armazenamento ao longo de nove meses provocou decréscimo no teor de proteína presente em grãos de crambe. Entretanto, as embalagens nas quais estavam acondicionados os grãos, pouco interferiram na qualidade do produto.

Calle, Hernández e Hernández (2016), ao avaliarem a composição química da torta de pinhão manso usado para extração de óleo, encontraram teor de proteína de 32,2%.

Oliveira et al. (2016) concluíram que em gado leiteiro, o farelo de crambe em substituição ao farelo de soja não afeta o comportamento ingestivo embora afete negativamente a eficiência alimentar.

Desse modo, embora as tortas de espécies vegetais apresentem potencial nutritivo, a composição química, em geral, das tortas varia em função da espécie e cultivar.

As características da torta de crambe despertam o interesse de produtores e pecuaristas, que, muitas vezes sem conhecimento básico sobre as limitações de consumo, utilizam a torta na alimentação animal. Por outro lado, a escassez de informações sobre o aproveitamento de subprodutos gerados na cadeia produtiva de biocombustíveis motiva o desenvolvimento de pesquisas sobre a temática.

Todavia, algumas particularidades devem ser observadas, principalmente quanto ao armazenamento do produto (ABDALLA et al., 2008) e quanto à presença de alguns elementos antinutricionais.

### **3.3 Elementos antinutricionais**

O termo antinutricional é aplicado para referir compostos presentes em alimentos de origem vegetal e que, quando ingeridos, reduzem o seu valor nutritivo. De acordo com Griffiths, Birch e Hillman (1998), os antinutricionais afetam a digestão, absorção ou uso de nutrientes e podem causar danos à saúde se ingeridos em grande quantidade.

A aplicação da torta de crambe na dieta animal requer alguns cuidados essenciais para a manutenção da atividade, pois os elementos antinutricionais podem afetar a fisiologia dos nutrientes, reduzir a disponibilidade de aminoácidos, vitaminas, diminuir o apetite, prejudicar a produção e levar até mesmo à morte (BUTOLO, 2002).

Bell (1993) cita os fitatos, glicosinolatos, taninos e ácido erúico como alguns compostos antinutricionais encontrados em brássicas como canola, rabanete, mostarda castanha (*Brassica juncea*) e crambe.

### 3.3.1 Taninos

O metabolismo dos taninos passa a agir com eficiência após a lesão ou senescência das plantas, permitindo a Butler et al. (1984) afirmarem que os taninos não pertencem ao metabolismo primário, mas sim secundário da planta. Salunkhe, Chavan e Kadam (1990) classificaram os taninos em dois grupos principais: no primeiro grupo estão os taninos hidrolisáveis, aqueles que, após hidrólise, produzem carboidratos e ácidos fenólicos; no segundo grupo, por sua vez, se encontram os taninos condensados ou não hidrolisáveis.

Os taninos são compostos fenólicos hidrossolúveis, capazes de complexar e precipitar proteínas de soluções aquosas (HASLAM, 1989; SALUNKHE; CHAVAN; KADAM, 1990), envolvendo ligações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio e variando conforme o pH. Além da interação com proteínas, os taninos agem com outras macromoléculas, como carboidratos, membrana celular das bactérias e íons metálicos (LEINMÜLLER; KARLHEINZ, 1991).

Compostos fenólicos e proteínas podem interagir por meio de ligações de hidrogênio, ligações covalentes, interações hidrofóbicas e ligações iônicas, em função do pH do meio, nível de oxigênio, tempo e temperatura (BEJOSANO; CORKE, 1998).

A interação entre as proteínas e os taninos é dependente de algumas características citadas por Butler (1982). De acordo com esse pesquisador, proteínas com alto peso molecular e estruturas mais abertas e flexíveis apresentam maior facilidade de se agregar aos taninos. Ainda, a afinidade das proteínas aos taninos é maior no ponto isoelétrico da proteína, embora algumas proteínas se associem aos taninos em um amplo limite de pH.

Quando não oxidados, taninos interagem com proteínas através das pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas. Quando oxidados, em condições alcalinas, se transformam em quinonas, que logo reagem com as proteínas resultando em uma solução de cor marrom escura (SOSULSKI, 1979).

Os polifenóis são determinantes na cor de concentrados e isolados proteicos de vegetais, devido aos produtos da reação proteína-fenol, que resulta em polímeros altamente



corados (MARCONE; KAKUDA, 1999; XU; DIOSADY, 2002). Em bebidas, Carvalho (2007) afirma que vinho, cerveja e suco de frutas, se armazenadas por um período longo, escurecem devido à formação de agregados proteína-polifenol. Além do escurecimento, podem ocorrer adstringência e sabor amargo do produto (LESSCHAEVE; NOBLE, 2005).

Os compostos fenólicos de alto peso molecular, devido à capacidade de interagir com proteínas, apresentam maior dificuldade de absorção e digestão, permanecendo no trato intestinal (HAGERMAN, 2001). Contudo, os compostos fenólicos de baixo peso molecular, por serem mais bem absorvidos pelo organismo, apresentam capacidade antioxidante, e atuam na manutenção da saúde humana (SANTOS-BUELGA; SCALBERT, 2000; PORTO; LARANJINHA; FREITAS, 2003, HOWITZ et al., 2003). Os compostos fenólicos podem ser importantes antioxidantes nos alimentos, atuando contra a oxidação e formação de compostos nocivos para a saúde (Moure et al., 2001). Diversos pesquisadores (GREEN; JUCHA, 1986; SANTOS-BUELGA et al., 2000; PORTO; LARANJINHA; FREITAS, 2003; HOWITZ et al., 2003) expressam a importância desse composto na atuação contra doenças cardíacas, doença de Alzheimer e envelhecimento celular.

### **3.4 Concentrados proteicos**

A definição dos termos concentrados e isolados proteicos é dada em função do teor de proteína presente no produto. Para a legislação brasileira, um concentrado proteico é aquele que apresenta, no mínimo, 68% de teor de proteína, enquanto que para ser classificado como isolado proteico, o material deve apresentar no mínimo 88% de proteína (ANVISA, 1999). No mesmo sentido, Smith e Circle (1972), ao apresentarem sua pesquisa com grãos de soja, afirmaram que, para um composto ser classificado como concentrado proteico, o teor mínimo de proteína deve ser de 70% e ,para que seja classificado como isolado proteico, o composto deve apresentar no mínimo 90% de proteína em base seca.

Considerando o alto custo dos principais produtos utilizados na base da alimentação humana e também animal, a busca por alternativas alimentares capazes de atender às necessidades humanas e animais tem sido explorada nos últimos anos por instituições e pesquisadores. Nesse sentido, idealiza-se a obtenção de fontes alimentares de baixo custo, com boa qualidade e que atenda a essas necessidades.

Contudo, a simples disponibilidade de resíduos agroindustriais altamente proteicos não representa seu uso direto por não satisfazer todas às necessidades recomendadas, principalmente pelos riscos causados por antinutricionais presentes na matéria vegetal, que podem promover danos ao organismo e ao meio ambiente (KROGDAHL et al., 2010),

evidenciando a necessidade da remoção de elementos antinutricionais por meio de tratamentos químicos que promovam acréscimo no valor nutricional e digestibilidade do produto.

Assim, devido à presença de altos teores de proteína em sua composição química, os resíduos de processos industriais envolvendo algumas espécies vegetais podem ser aproveitados de diversas maneiras, principalmente na suplementação da alimentação animal ou, dependendo do caso, na alimentação humana. Makri, Papalampou e Doxastakis (2005) afirmam que as proteínas vegetais auxiliam na melhora da estabilidade e textura, bem como na qualidade nutritiva do produto.

Araújo (2012) define proteínas como polímeros compostos por alguns dos 21 diferentes aminoácidos interligados por ligações peptídicas. De acordo com Fennema, Damodaran e Parkin (2010), as proteínas são moléculas complexas e que normalmente representam mais da metade de peso seco das células.

Contudo, se considerarmos, dentre outros, resíduos provenientes do crambe, o consumo não pode ser realizado de forma direta, tendo sua aplicação limitada em virtude da presença de alguns elementos antinutricionais como taninos, glucosinolato, ácido erúcido, entre outros, capazes de promover a toxidez e demais danos à saúde humana e animal. Nesse sentido, a obtenção de concentrados proteicos é fundamental para a manutenção da qualidade no aproveitamento dos resíduos vegetais.

Smith e Circle (1972) definem concentrado proteico como um produto proveniente da farinha desengordurada de grãos de boa qualidade, cujo processo de obtenção do concentrado é baseado na insolubilização de grande parte das proteínas presentes, exclusão parcial de sais minerais, carboidratos, bem como os demais elementos e isolado proteico como um produto composto, em sua totalidade, basicamente pela fração proteica, sendo removida a maior parte dos componentes não proteicos.

Carvalho et al. (2009) caracterizaram o concentrado e o isolado proteico extraídos de sementes de cupuaçu. Para obtenção do concentrado, trabalharam com pH 3,5 e para obtenção do isolado, trabalharam com pH 9,0 até obtenção do sobrenadante, que por sua vez, teve seu pH na faixa de 3,5. Os resultados apontam a obtenção de concentrado e isolado proteico de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), com 31,18 e 64,33% de proteína, respectivamente. Esses teores de proteína são insuficientes para atingir os níveis de concentrado ou isolado proteico, conforme determinado pela ANVISA (1999). De acordo com esses pesquisadores, as proteínas presentes no cupuaçu interagiram com os demais componentes presentes no grão, reduzindo a liberação e a obtenção de concentrados e isolados com teores proteicos mais elevados.

A literatura apresenta algumas metodologias de extração de proteínas para obtenção de concentrados proteicos, capazes de promover a redução de elementos tóxicos e

antinutricionais, além de reduzir também o teor de fibras e de polifenóis, elementos responsáveis por dificultar a digestibilidade. A extração por precipitação isoelétrica, dada em função da ação da variação do pH, a termocoagulação que se dá por meio da ação da temperatura, por autocoagulação, que envolve processos de fermentação, floculação, ultrafiltração ou extração com solventes orgânicos como etanol, butanol, acetona e éter (CHAVES, 1987; CEREDA; VILPOUX, 2003; DEWAN et al., 2007; MODESTI et al., 2007; TEO et al., 2010).

D'Alvise et al. (2000) obtiveram, por meio de hidrólise enzimática e ultrafiltração, concentrado proteico de folhas de alfafa de boa qualidade. Contudo, consideraram o processo bastante custoso financeiramente.

Modesti et al. (2007) realizaram pesquisa de caracterização de concentrado proteico de folhas de mandioca (*Manihot esculenta*) obtido por precipitação com calor e ácido, e concluíram que o tipo de precipitação usada não diferenciou os resultados dos constituintes químicos analisados. Ainda, a obtenção dos isolados proteicos promoveu acréscimo médio de 57,72% no teor proteico e 93,55% na digestibilidade proteica.

Teo et al. (2010) avaliaram cinco métodos (coagulação ácida, termocoagulação, termocoagulação ácida I, termocoagulação ácida II e coagulação por etanol) de extração de concentrados proteicos de folhas de mandioca. Os resultados apresentados apontam que a termocoagulação ácida II e coagulação por etanol foram as metodologias aplicadas que apresentaram concentrados com maior conteúdo proteico, maior rendimento, maior recuperação de proteína e cor mais clara.

Silva et al. (2012) testaram quatro métodos de extração proteica de folhas e parte aérea de mandioca e concluíram que o método de extração por precipitação isoelétrica foi o que apresentou melhores resultados. Cereda e Vilpoux (2003) afirmam que o método de precipitação isoelétrica apresenta melhores rendimentos em menor tempo de extração, quando comparado aos demais métodos.

De maneira geral, a literatura apresenta, em escala laboratorial, pesquisas relacionadas à extração proteica de torta de origem vegetal resultante de processos de extrações lipídicas. Para obtenção de concentrado proteico da torta de girassol, por exemplo, Salgado et al. (2010) utilizaram extração alcalina (ORLIAC et al., 2003; ROUILLY et al., 2006) e testaram a precipitação da proteína no ponto isoelétrico.

Desse modo, evidenciam-se algumas pesquisas que objetivaram a obtenção de concentrados proteicos de algumas fontes vegetais. Contudo, é notória a escassez de trabalhos relacionados a concentrados proteicos provenientes da torta de crambe.

### 3.5 Propriedades funcionais

Propriedades funcionais podem ser definidas como as propriedades físico-químicas de um alimento, capazes de causar influência durante a preparação, o processamento, o armazenamento e o consumo de um ingrediente ou alimento, cuja principal característica influenciada é a sensorial (MOURE et al., 2006; AMZA et al., 2011). Então, o conhecimento e avaliação das propriedades funcionais de proteínas são partes fundamentais na determinação do potencial de aplicação dos produtos proteicos, permitindo que concentrados e isolados proteicos possam ser aplicados e usados corretamente.

As propriedades funcionais das proteínas são influenciadas por alguns fatores, dentre eles: os agentes físicos, químicos e biológicos usados nos processos de obtenção ou isolamento de proteínas, a metodologia de extração proteica aplicada, que corresponde a diferentes temperaturas, pH, bem como as distintas condições de armazenamento, entre outros (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989).

Lawal (2006) afirma que cada proteína possui propriedades funcionais específicas, que ocorre em função das diferentes conformações estruturais presentes, tendo em vista que as propriedades funcionais determinantes para a funcionalidade das proteínas variam conforme o formato, a composição e sequência de aminoácidos, estrutura, flexibilidade e rigidez, dentre outras.

As propriedades funcionais das proteínas podem ser classificadas em três grupos (MESSENS; VAN-CAMP; HUYGHEBAERT, 1997):

- Grupo 1: propriedades de hidratação que são dependentes das interações proteína-água (absorção e retenção de água, adesão, dispersibilidade, solubilidade e viscosidade);
- Grupo 2: propriedades relacionadas às interações proteína-proteína (precipitação e geleificação).
- Grupo 3: propriedades de superfície (tensão superficial, emulsificação e características espumantes).

#### 3.5.1 Solubilidade

A solubilidade proteica pode ser definida como a porcentagem de proteína que se mantém em solução ou dispersão coloidal sob condições específicas (ORDÓÑEZ et al., 2005). Aloba (2003) define o termo como sendo um indicador da funcionalidade de proteínas em sistemas alimentares, bem como da desnaturação decorrente de tratamentos térmico ou químico.

A solubilidade é uma propriedade físico-química relacionada ao Grupo 1 (MESSENS; VAN-CAMP; HUYGHEBAERT, 1997), representada pelas propriedades de hidratação dependentes das interações proteína-água. De acordo com SGARBIERI (1996), a solubilidade atua diretamente sobre as propriedades emulsificantes, espumantes, viscosidade e capacidade de formação de gel.

As características de hidrofobicidade e hidrofiliicidade presentes na superfície das proteínas são capazes de afetar a solubilidade proteica, que também é afetada pela composição de aminoácidos presentes nas proteínas e é representada pelo equilíbrio entre interações proteína-proteína e proteína-água (DAMODARAN; PARAF, 1997; DONADEL; PRUDENCIO-FERREIRA, 1999), influenciadas em virtude da alteração no pH do solvente.

Shwenzfeier, Wierenga e Gruppen (2011) afirmam que a elevada solubilidade proteica é um requisito para que as expectativas funcionais das proteínas sejam atendidas, e deve ser atingida a partir da obtenção de concentrados e isolados proteicos em condições ideais de extração (PERICIN et al., 2008). Em caso de solubilidades mais baixas, Bora e Queiroga-Neto (2004) explicam que mínima solubilidade proteica pode ser observada em seu ponto isoelétrico, definido por Kinsella, Damodaran e German (1985), como o método de recuperação de proteína responsável por causar menores prejuízos às propriedades funcionais, pois devido à igualdade de cargas positivas e negativas, não há cargas responsáveis por causar a repulsão, ou seja, há predominância de forças atrativas intermoleculares e as moléculas proteicas tendem à agregação por meio de interações hidrofóbicas, o que representa mínima solubilidade proteica (DAMODARAN, 1996; ARAÚJO, 1999; BADIFU; AKUBOR, 2001).

Outro fator que afeta a solubilidade proteica é a temperatura. Considerando temperatura de 0 a 40 °C, nota-se acréscimo na solubilidade. Contudo, em temperaturas mais elevadas, poderá ocorrer a desnaturação da proteína e a exposição de grupos hidrofóbicos, causando agregação e precipitação, decrescendo a solubilidade (DAMODARAN, 1996; ORDÓÑEZ et al., 2005).

Glória e Regitano-d'arce (2000), trabalhando com concentrado e isolado proteico de torta de castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*), constataram mínima solubilidade no pH 3,0. Entretanto, o índice de solubilidade mais elevado foi de 86,86%, obtido em pH 12,0.

De modo semelhante, Ambriz et al. (2005) observaram que em pH na faixa de 4,0 a 6,0, o isolado proteico de tremço-branco (*Lupinus albus* L.) apresentou mínima solubilidade. Contudo, em pH 2 e 10,0, a solubilidade foi de 91,0% e 99,0%, respectivamente.

Silva, Azevedo e Azevedo (2015) avaliaram as propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da monguba (*Pachira aquática*) a partir de isolados proteicos obtidos em duas condições de pH, o 2,0 e o 10,0 e constataram que, no ponto isoelétrico (pH 5,0), os

isolados proteicos exibiram solubilidade mínima. Porém, em pH 2,0 e pH 10,0 obtiveram solubilidade máxima justificada pelo fato de que proteínas vegetais adquirem maior solubilidade nas fases ácida e alcalina da molécula proteica.

### 3.5.2 Capacidade de absorção de água

A capacidade de absorção de água é definida como a quantidade de água capaz de ser absorvida pelo material proteico durante a confecção do alimento e a capacidade de hidratação da proteína é definida como grama de água ligada por grama de proteína (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010). De acordo com os resultados obtidos em sua pesquisa da relação água e proteína Moure et al. (2006) afirmam que as interações entre água e proteína são determinantes para propriedades de solubilidade, emulsificação e formação de espuma, inchaço.

Alguns fatores capazes de determinar a capacidade de absorção de água são citados por Sánchez et al. (2004), Fennema, Damodaran e Parkin (2010). De acordo com esses autores, a estrutura e conformação proteica, o pH, a força iônica, a composição aminoácida e a temperatura são alguns fatores ambientais determinantes.

A relação das proteínas com a água é dada por meio de ligações, como pontes de hidrogênio, ligações dipolo-dipolo ou interações com grupos ionizados. Assim, quando a proteína se apresenta em seu ponto isoelétrico, ocorre o aumento das interações proteína-proteína, fazendo com que a capacidade de interação entre proteína e água seja reduzida, por isso, neste ponto as proteínas se apresentam menos hidratadas. Em altas concentrações de sal, por exemplo, parte da água ali presente está diretamente ligada à íons salinos, causando a desidratação da proteína. O acréscimo da temperatura também promove a desidratação proteica, uma vez que ocorre a redução das pontes de hidrogênio e, conseqüentemente, redução na capacidade de ligação entre proteína e água (ORDOÑEZ et al., 2005). Assim, acredita-se que a composição aminoacídica, a estrutura e conformação da proteína, a polaridade e carga na superfície, a força iônica, o pH e a temperatura sejam alguns dos principais fatores capazes de influenciar na capacidade de absorção de água.

Glória e Regitano-d'arce (2000) avaliaram as propriedades funcionais da torta de castanha do Pará por meio de precipitação isoelétrica e obtiveram concentrado proteico com capacidade de absorção de água de 338,12%, isolado proteico com 149,7% e torta desengordurada com 327,1%.

Silva, Azevedo e Azevedo (2015) avaliaram as propriedades funcionais de isolados proteicos de amêndoas de monguba, decorrentes de duas condições de pH (2,0 e 10,0). A capacidade de absorção de água do isolado proteico a pH 2,0 foi de 1,25 mL H<sub>2</sub>O/g

proteína, enquanto em pH 10,0, a capacidade de absorção de água foi de 1,52 mL H<sub>2</sub>O/g proteína.

Boye, Zare e Pletch (2010) destacam a importância da determinação da capacidade de absorção de água, pois a alta capacidade de absorção de água torna o alimento frágil e vulnerável, não interessante à indústria alimentícia. O conhecimento dessa propriedade funcional é fundamental na escolha da proteína a ser utilizada no processamento de alimentos.

### **3.5.3 Capacidade de absorção de óleo**

A capacidade proteica de absorção de óleo está diretamente relacionada à quebra da cadeia polipeptídica das proteínas, permitindo a exposição dos grupos hidrofóbicos (EL NASRI; EL TINAY, 2007). Nesse sentido, Sanchez et al. (2004) explicam que a capacidade de absorção de óleo é atribuída às interações hidrofóbicas, e embora as proteínas não apresentem cheiro, elas podem interagir com compostos aromáticos.

As proteínas são anfífilas, ou seja, suas moléculas possuem uma parte hidrofílica (solúvel em água) e outra parte lipofílica (solúvel em lipídios e não em água). Devido a essa característica, apresentam capacidade de interação com gorduras, potencializando o contato dos grupos polares e minimizando o contato dos grupos hidrofóbicos com a água (MANGINO, 1994).

Devido ao potencial de interação entre proteína e óleo, a capacidade de absorção de óleo apresentada pelas proteínas é fundamental para elevar a palatabilidade do produto, uma vez que, é determinante para a retenção e fixação de aroma e sabor (SAETAE; SUNTORNSUK, 2011).

Glória e Regitano-d'arce (2000) observaram a capacidade de absorção de óleo de 145% para o concentrado proteico, 79% para o isolado proteico, e 174% para a torta desengordurada de Castanha do Pará.

Silva, Azevedo e Azevedo (2015) encontraram capacidade de absorção de óleo do isolado proteico a pH 2,0 de 1,77 mL óleo/g de proteína. Porém, o isolado proteico a pH 10,0, por sua vez, obteve capacidade de absorção de óleo de 2,46 mL óleo/g de proteína.

### 3.6 O armazenamento e a manutenção da qualidade de grãos

Conforme apresenta Bragantini (2005), pesquisas relacionadas ao ajuste nos métodos de armazenamento de grãos ocorrem em função do grande número de problemas de perda de qualidade de produtos armazenados. Assim, o armazenamento objetiva a manutenção da qualidade dos grãos em função do controle das condições ambientais às quais os grãos são submetidos (BEZERRA et al., 2015).

Assim, considerando os altos índices de perdas que ocorrem durante o beneficiamento de grãos, a manutenção da qualidade da pós-colheita depende da adoção de alguns cuidados durante o processo de beneficiamento, na utilização de embalagem adequada, nas atividades de secagem, nas condições e o período de armazenamento, dentre outros (TOLEDO et al., 2009).

Mesmo que Braccini, Braccini e Scapim (2001) atestem que a deterioração representa um dos maiores problemas no armazenamento de grãos, principalmente os oleaginosos, Tonin e Perez (2006) os contrapõem, afirmando que o armazenamento realizado em condições adequadas pode reduzir a velocidade da deterioração causada no produto. Entretanto, Zonta et al. (2011) não recomendam o armazenamento de oleaginosas por longos períodos.

LABBÉ (2003) acredita que seja impossível a não deterioração de um grão. Entretanto, afirma que é possível haver o retardamento do processo de deterioração, sendo o controle das condições ambientais do local de armazenamento de extrema importância e necessidade.

O teor de água presente no grão pode refletir a estabilidade e composição do mesmo e é fundamental para a determinação do processo de estocagem, embalagem e processamento, pois conforme explicam Rios, Abreu e Correa (2003), a conservação fora das recomendações adequadas torna-o mais susceptível à deterioração.

Os grãos submetidos ao armazenamento fora das condições ideais de temperatura e umidade podem se deteriorar mais facilmente, tendo em vista a promoção da atividade metabólica e o desenvolvimento da atividade microbiana. Desse modo, fatores como o teor de água presente nos grãos, UR do ar e a temperatura à qual os grãos estão armazenados, são fundamentais na manutenção da qualidade do grão (MARCOS-FILHO, 2005).

O elevado teor de umidade e temperatura podem gerar grandes focos de aquecimento e o aumento da taxa respiratória do grão pode acelerar o processo de deterioração (ALENCAR et al., 2010). Amaral, Jaigobind e Jaigobind (2006) recomendam o armazenamento de oleaginosas à baixa umidade, com o objetivo de inibir a atividade enzimática e o desenvolvimento de micro-organismos capazes de causar danos aos grãos, pois se armazenados com alto teor de umidade têm acelerado o processo de deterioração



de suas propriedades, dentre elas proteínas, carboidratos, e fosfolipídeos. O processo de deterioração ocorre concomitantemente à hidrólise de glicerídeos com consequente aumento dos ácidos graxos livres no óleo extraído.

O armazenamento dentro de condições ambientais adequadas é uma prática conservacionista da qualidade dos grãos. A sua não realização pode acarretar diversos danos e consequente perda na qualidade final do produto. Em busca de estabelecer parâmetros e condições ideais para o armazenamento, pesquisadores apontam o teor de umidade considerado ideal para cada tipo de grão, tendo em vista que a UR do ar e a temperatura do armazenamento influenciam diretamente a atividade respiratória dos grãos.

As condições ideais para o armazenamento de grãos toleram pouca variação de umidade, devendo compreender entre 6% a 12% para amiláceas e 4% a 9% para oleaginosas, com temperatura de 20 °C, UR do ar de 50% (HARRINGTON, 1972; DELOUCHE et al.,1973). Athié et al. (1998) e Weber (2005) afirmaram que grãos oleaginosos podem ser armazenados com até 11% de umidade, enquanto o armazenamento de cereais e amiláceas pode ser realizado umidade de até 13%.

Quando se busca a manutenção da qualidade dos grãos armazenados, as características do produto são determinantes para estabelecer o processo de armazenamento. Nesse sentido, Zonta et al. (2011) afirmam que o armazenamento de grãos oleaginosos não deve compreender longos períodos, tendo em vista a susceptibilidade à deterioração.

Em busca de ampliar o estado de conservação dos grãos ortodoxos, definidos como aqueles que alcançaram sua maturidade na planta mãe com umidade relativamente baixa, Marcos-Filho (2005) recomenda que o ambiente de armazenamento não esteja com temperatura e UR do ar elevadas, pois, dessa forma, reduziria a ocorrência de atividades microbianas e reações químicas, promovendo a manutenção na qualidade de grãos armazenados.

Assim, entende-se que o armazenamento de grãos realizado de modo inadequado pode trazer grandes prejuízos à indústria, uma vez que, as condições ambientais desfavoráveis à armazenagem favorecem a deterioração dos grãos.

A cadeia produtiva engloba uma série de etapas que são fundamentais para a manutenção da qualidade de um produto. Dentre elas, o período de armazenamento, quando os grãos estão sujeitos a alterações em sua composição química, em razão das condições do ambiente de estocagem. O'Brien (2004) afirma que injúrias provocadas no campo ou decorrentes do manejo incorreto no armazenamento podem incidir em valores altos de ácidos graxos livres, ocasionando perdas em excesso no refino de óleo.

Kucuk e Caner (2005) consideraram que as alterações ocorridas na qualidade do óleo extraído podem resultar no desenvolvimento de acidez e produção de compostos

carbonílicos que, geralmente, são sintomas de degradação do grão causada por armazenamento em ambientes com temperatura e umidade elevadas.

O armazenamento representa a etapa de beneficiamento de grãos que mais causa deterioração na pós-colheita. Dentre os danos causados, um dos mais frequentes é a oxidação lipídica, ou seja, devido à instabilidade oxidativa do conteúdo oleaginoso presente nos grãos, ocorre a hidrólise que pode reduzir o teor e a qualidade do óleo presente. Kalucka et al. (2005) afirmam que é necessário ter conhecimento das alterações ocorridas no conteúdo lipídico dos grãos durante o armazenamento, para que a qualidade do produto final seja mantida.

A ação catalítica da enzima lipase acelera o processo de decomposição de gorduras e causa o aumento nos valores de acidez graxa. Este processo está diretamente relacionado a fatores ambientais como luz e calor e, conseqüentemente, à presença de micro-organismos responsáveis pela deterioração do grão, promovendo a rancidez lipídica, formando ácidos graxos de sabor e odor desagradáveis. Por isso, detectar e quantificar a presença de ácidos graxos livres é um método comumente aplicável quando se objetiva avaliar a conservação e deterioração do grão (CECCHI, 2012).

Devido à sazonalidade entre safras e para que o mercado consumidor não se depare com falta de matéria prima, na indústria oleaginosa os grãos passam por um longo período de armazenamento, o que resulta em maior acidez do grão em função de reações enzimáticas ou de processos oxidativos.

Os ácidos graxos estão diretamente relacionados, dentre outros, com a qualidade da matéria-prima, grau de pureza da gordura e condições de conservação do óleo.

A oxidação lipídica é um processo de deterioração e ocorre de forma natural, a velocidade e intensidade variam conforme as características do produto e do armazenamento. A estabilidade oxidativa de um óleo serve como indicador de sua qualidade, uma vez que, em virtude da oxidação, os produtos perdem suas principais características, perdendo também valor comercial (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

A oxidação lipídica é responsável por causar sabor desagradável aos óleos, perda de nutrientes e formação de substâncias tóxicas (O'CONNOR; O'BRIEN, 2006). No mesmo sentido, Araújo (2012) afirma que os efeitos da oxidação lipídica são representados pela alteração das características do produto, passando o *flavor* e o aroma a serem desagradáveis, acentuando o estado de rancidez.

É uma reação que ocorre de forma espontânea e está diretamente relacionada ao tipo de estrutura lipídica e o meio em que se encontram. O processo de oxidação pode ocorrer em função do número de insaturações dos ácidos graxos (insaturados, monoinsaturados e poli-insaturados), pela presença de oxigênio no meio, pela condição de

luminosidade e temperatura e pela presença de antioxidantes, dentre outros fatores capazes de determinar a estabilidade oxidativa dos lipídeos (SOARES et al., 2012).

A Tabela 2 está apresentada uma compilação de dados que representam a composição de ácidos graxos presentes no óleo de crambe.

**Tabela 2** Composição de ácidos graxos presentes no óleo de crambe

Ácido	Singh e Singh (2010)	Fonseca et al. (2011)	Bras et al. (2014)	Lalas et al. (2012)
Palmítico	2,0	2,0	1,3	0,9
Esteárico	1,0	0,9	-	0,5
Oleico	19,0	19,0	13,0	15,1
Linoleico	9,0	8,8	6,5	13,2
Linolênico	-	4,7	4,1	-
Araquídico	2,0	0,9	1,0	0,6
Gadoleico	1,0	3,6	-	2,4
Behênico	1,0	2,1	2,4	2,1
Erúcido	59,0	57,2	64,5	63,8
Lignocérico	1,0	0,8	0,8	0,4
Nervônico	-	0,1	-	1,0

De acordo com Lalas et al. (2012), cerca de 95% do total de ácidos graxos correspondem a ácidos graxos insaturados, dos quais, o ácido erúcido, mesmo com variações encontradas na literatura, é o que se apresenta em maior percentual, com 59% (SINGH; SINGH, 2010), 57,2% (FONSECA et al., 2011), 64,5% (BRAS et al., 2014), 63,8% (LALAS et al., 2012). A literatura apresenta ainda variação nos teores de ácido oleico (13-19%) e linoleico (6,5-13,2%). A alta concentração de ácidos graxos insaturados permite que Singh e Singh, (2010) e Fonseca et al. (2011) relatem a susceptibilidade à oxidação do óleo de crambe.

Em trabalho de caracterização físico-química do óleo e do biodiesel de crambe, Jasper, Biaggioni e Silva (2013) observaram que o índice de acidez do óleo extraído em prensa quente foi de 3,64 mg KOH g<sup>-1</sup>.

Bezerra et al. (2015) avaliaram o efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe para produção de biodiesel. Os grãos submetidos a 32,5 °C e UR do ar de 82% apresentaram óleo com maiores teores de acidez graxa, o que indica maior grau de deterioração, com valores entre 9,1 e 58 mL de KOH 100g<sup>-1</sup> MS. Avaliando o modo de armazenamento e acondicionamento dos grãos, constataram que, com 6 meses de armazenamento, a embalagem convencional apresentou os mais elevados teores de ácidos graxos e, aos 12 meses de armazenamento, observaram o pior resultado para o armazenamento em câmara.

Donadon et al. (2015), verificando a qualidade química do crambe em função do armazenamento em diferentes embalagens e ambientes constataram teor de óleo de

36,42%, além de acréscimo linear no índice de peróxido em função do tempo de armazenamento, o que sugere a degradação e oxidação do óleo avaliado.

De acordo com Marini et al. (2005), o teor de óleo dos grãos varia conforme o tipo de armazenamento e condições ambientais aos quais foi submetido. Ou seja, fatores como umidade relativa, temperatura do ar e tempo de armazenamento podem afetar a qualidade final do produto através da proliferação de microrganismos capazes de degradar o grão e reduzir a qualidade final, conforme explicam (BHATTACHARYA; RAHA, 2002).

A determinação do teor de óleo de um grão é um método eficaz quando se objetiva de determinar o grau de conservação do produto armazenado (MARINI et al., 2005). Dessa forma, o decréscimo no teor de óleo e o acréscimo no teor de ácidos graxos livres representam o aumento da intensidade de degradação do grão e, conseqüentemente, a queda na qualidade do mesmo. No mesmo sentido, Alencar et al. (2009) afirmam que grãos armazenados com elevados teores de água e altas temperaturas apresentam deterioração mais rápida.

Alencar et al. (2009), avaliando a qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições, verificaram redução do teor de óleo quando os grãos foram armazenados com teor de água de 14,8% e nas temperaturas de 30 e 40 °C.

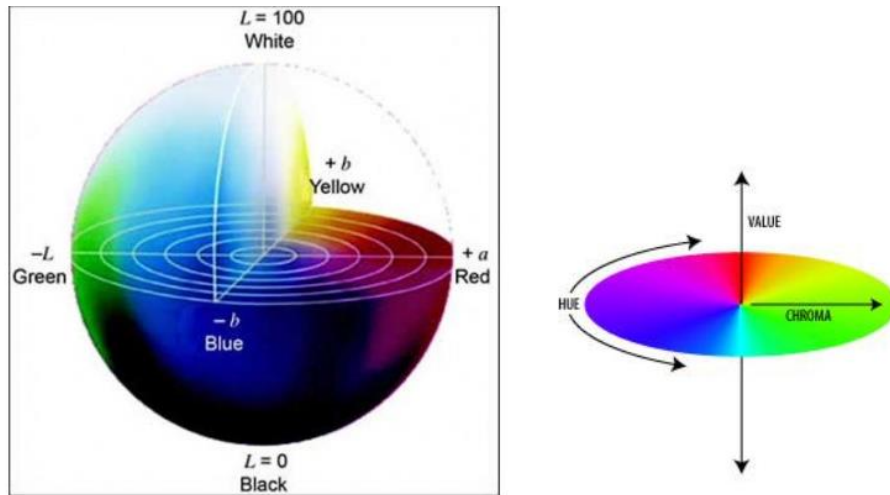
Diante do exposto, observa-se a ascensão do crambe no cenário agrícola, tendo em vista as possibilidades de uso e aplicação de seus subprodutos, sendo que a torta se destaca, em função dos altos teores de proteína presentes em sua composição.

### **3.7 Parâmetros de cor**

O sistema de cores varia em três dimensões. A luminosidade, representada pela letra L, indica a relação entre a luz refletida e a luz absorvida; a tonalidade cromática ou coloração, representada pela letra H, que é definida como o aspecto da cor que pode ser descrito. Há ainda o croma, representado pela letra C, que expressa a intensidade de cor. Essas dimensões apresentam-se de diversas maneiras no espaço físico e apresentam variação em função do sistema de cores, dentre os quais, destacam-se CIE, Hunter, CIELAB, Munsell (POMERANZ; MELOAN, 1994).

O sistema CIELAB (Figura 1) é o mais usual em pesquisas, tendo em vista sua maior aceitação no meio acadêmico e entre pesquisadores (ALONSO-SALCES et al., 2005; GRANATO; MASSON, 2005). Além do índice de luminosidade, que vai de 0 a 100, este sistema mede as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ . No componente  $L^*$ , 0 representa o preto absoluto e 100 representa o branco absoluto. A coordenada  $a^*$  é dada por valores positivos que

tendem à coloração esverdeada e valores positivos tendem à coloração vermelha. Na coordenada  $b^*$ , valores negativos à cor azul e valores positivos tendem à cor amarelo. O parâmetro  $c^*$  (croma) permite observar a cromaticidade ou intensidade de cor da amostra, cujos valores e respectiva coloração dependem dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ . Portanto, quanto maior valor de  $c^*$ , mais visual, em intensidade de cor, fica ao ser humano (GRANATO; MASSON, 2010).



(1)

**Figura 1** Esquema de cores CIELAB.

Fonte: Deltae (2019).

Outro sistema de cores (Figura 2) é o RGB (*Red, Green and Blue*), que é dado em função das cores médias obtidas em  $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$



**Figura 2** Sistema de cores RGB.

Com base no princípio de que efeitos cromáticos são obtidos através da projeção de luz branca através dos filtros vermelho, verde e azul e pela superposição de círculos nas cores projetadas (PEREZ, 2001), o RGB é um sistema aditivo de cor luz, em que a definição de cada cor é dada conforme a quantidade de vermelho, verde e azul que a compõe. Assim, aplicativos e plataformas virtuais conseguem transformar as cores do sistema CIELAB e convertê-las para o sistema RGB.

O armazenamento de materiais vegetais pode ocasionar perdas significativas da qualidade química e nutricional do produto. A alteração na cor, por exemplo, é um dos aspectos que podem ser alterados ao longo do armazenamento e o escurecimento do material vegetal pode afetar a aceitação do material por parte de indústria e consumidores finais (LIMA, 2013).

Silochi et al. (2016) destaca que as cores de um produto são importantes para a indústria, pois permitem verificar as alterações ocorridas durante o tratamento ao qual foi submetido ou durante o armazenamento. Nesse sentido, Fellows (2006) diz que a cor dos alimentos é dada pela pigmentação natural. Porém, no armazenamento pode haver alteração por oxidação, processamento térmico e por mudanças no pH.

Lima (2013) estabelece relação entre o escurecimento do material vegetal e a oxidação de enzimas que dependem de oxigênio para polimerizarem fenóis de baixo peso molecular em compostos de alto peso molecular, que tem coloração escura. Assim, a presença de taninos, que possuem facilidade de interação com proteínas, podem provocar redução na digestibilidade proteica e contribuir para o escurecimento do material (BLAIR; IRIARTE; BEGBE, 2006; LIMA, 2013; FRANCO, 2015).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Etapa I - Métodos de obtenção de concentrados proteicos de torta de crambe**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON) do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, localizado no *campus* de Cascavel.

#### **4.1.1 Material**

Os grãos de crambe do cultivar FMS Brilhante utilizados foram cedidos pelo IAPAR, localizado no município de Santa Tereza do Oeste - PR. A semeadura ocorreu no mês de março do ano de 2015, em Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), na profundidade de 4 cm da superfície, nas entrelinhas separadas entre si com a distância de 0,25 m, seguindo a densidade de plantio proporcional a 20 kg de sementes viáveis por hectare (KNIGHTS, 2002). A colheita dos grãos foi realizada manualmente no mês de junho de 2015.

Os grãos foram levados ao laboratório e mantidos em embalagem de polipropileno, em condições ambientais, sem controle de temperatura e de umidade até o processo de prensagem.

As tortas de crambe foram obtidas por prensagem dos grãos inteiros em prensa do tipo Expeller, modelo 7590- B100, com temperatura de extração variando entre 90 e 100 °C. A prensa foi devidamente ajustada à oleaginosa em estudo por meio da distribuição de espaçadores entre os 12 discos que compõem a câmara de compressão, cujas principais características podem ser observadas na Tabela 3. Logo após a obtenção, as tortas foram resfriadas até o momento de realização das análises.

**Tabela 3** Características da prensa mecânica

Componentes	Equipamento 7590-B100
Máquina	11 kW
Alimentação com inversor	0,11 kW
Resfriador do farelo	1,5 kW
Filtro de prensa	0,37 kW
Motores	Trifásico
Produção máxima	3.000 kg dia <sup>-1</sup>

**Fonte:** BINDGALVÃO (2019).

A aplicação dos métodos de obtenção de concentrado proteico foi efetuada com torta integral (métodos IB, II e III) e torta desengordurada (método IA) de grãos de crambe. Para extração da gordura, utilizou-se n-hexano como solvente. A homogeneização da torta com o solvente se deu na proporção 1:10 (p/v), e foi feita em frasco erlenmeyer mediante agitação manual. Após agitação e vedação do erlenmeyer por, aproximadamente, dez minutos, descartou-se o solvente e manteve-se a torta. Esse procedimento repetiu-se até que não houvesse alteração de cor do material homogeneizado após aplicação do solvente. Após a última extração e descarte do solvente, a torta foi seca em estufa a 60 °C até peso constante.

#### 4.1.2 Caracterização das tortas de crambe

Os parâmetros avaliados para caracterização das tortas integral e da desengordurada obtidas foram teor de água, teor de proteína, teor de lipídios e quantidade de taninos.

##### 4.1.2.1 Teor de água

Para determinação do teor de água, foram pesadas 3 g da amostra e colocadas em estufa a 105 °C durante 24 horas, em cadinhos de alumínio previamente identificados. Após 24 horas, os cadinhos foram colocados em dessecador até completo resfriamento. Então, foram pesados para determinação do teor de água nas tortas de crambe. Os resultados foram dados pela diferença de peso e expressos em porcentagem (IAL, 2008).



#### 4.1.2.2 Teor de proteína

O teor de proteínas foi determinado pela quantificação de nitrogênio total presente nas amostras, utilizando o método microKjeldhal. O total de nitrogênio presente nas amostras foi multiplicado por 6,25 (fator de conversão médio universal). Os resultados foram expressos em porcentagem de proteína bruta em base seca (IAL, 2008).

#### 4.1.2.3 Teor de óleo

Para determinação do teor de lipídios, aplicou-se o método Goldfish modificado em equipamento Extrator de Gorduras Tecnal TE-044, utilizando dois gramas de tortas de crambe e éter petróleo P.A. como solvente por 90 minutos, a 90 °C. Os resultados foram expressos em porcentagem (BOIAGO, 2017).

#### 4.1.2.4 Taninos

Em tubos de ensaio, foram pesados 0,3 g do material (tortas e concentrados) e adicionados 3 mL de metanol:água (2:1). Posteriormente, houve homogeneização do material, que foi agitado em vórtex por 30 segundos e 25 minutos em ultrassom. Na sequência, houve centrifugação por 15 minutos a 3600 rpm. O sobrenadante de cada amostra foi transferido para um balão volumétrico de 10 mL. No material precipitado, novamente adicionou-se 3 mL de metanol:água (2:1), com homogeneização que consistiu na agitação em vórtex por 30 minutos, 15 minutos em ultrassom e 15 minutos em centrífuga a 3600 rpm.

Após esse procedimento, foram transferidos 3 mL do sobrenadante para um balão volumétrico de 10 mL, que teve seu volume completado com a mistura metanol:água (2:1).

A determinação de compostos fenólicos nas tortas e concentrados proteicos de crambe foi realizada pelo método espectrofotométrico Folin – Ciocalteu (HORWITZ, 1995), utilizando ácido tânico como padrão.

A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em g fenóis (ácido tânico)  $\text{g}^{-1} \text{kg}^{-1}$  (PRICE; SCOYOC; BUTLER, 1978).

#### 4.1.2.5 Obtenção do ponto isoelétrico das tortas de crambe

Para determinação do ponto isoelétrico das proteínas presentes na torta de crambe, foi testada a solubilidade entre os pHs 2 e 12.

Para preparação das amostras, para cada pH, o que foi alcançado com auxílio de soluções de NaOH e HCl, foi utilizado 0,5 g da amostra, que foi homogeneizada com 25 mL de água destilada. Após ajuste do pH, a solução passou por agitação durante 2 minutos em agitador e triturador Turrtec – Modelo TE – 102 e centrifugação durante 2 minutos a 3600 rpm. Após centrifugação, o sobrenadante foi reservado para leitura em espectrofotômetro.

Para determinação das proteínas totais, utilizou-se Folin Ciocalteau como reagente de cor e curva padrão de BSA na concentração de  $0,2 \text{ mg mL}^{-1}$ . A leitura da absorbância foi realizada a 660 nm em espectrofotômetro (LOWRY et al. 1951).

### 4.1.3 Obtenção dos concentrados proteicos por diferentes métodos

Para obtenção dos concentrados proteicos de torta de grãos de crambe foram aplicados diferentes métodos, em que os métodos IA, II e III ocorreram com uso de torta desengordurada. No método IB foi usada torta classificada como integral ou não desengordurada.

#### 4.1.3.1 Método IA - Obtenção de concentrado proteico de torta desengordurada por solubilização das proteínas

A partir da adaptação do método descrito por Cereda e Vilpoux (2003), inicialmente, 50 g de torta desengordurada de crambe foi homogeneizada com água destilada na relação 1:10 (p:v). Posteriormente, utilizando NaOH, o pH foi ajustado em 12. Em seguida, o extrato foi filtrado em tecido de algodão. O material filtrado foi seco a  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  em estufa com circulação e renovação de ar, para obtenção do concentrado proteico.

#### 4.1.3.2 Método IB - Obtenção de concentrado proteico de torta integral por solubilização das proteínas

A partir da adaptação do método descrito por Cereda e Vilpoux (2003), inicialmente, 50 g de torta integral de crambe foi homogeneizada com água destilada na relação 1:10 (p:v). Posteriormente, utilizando NaOH, o pH foi ajustado em 12. Em seguida, o extrato foi filtrado em tecido de algodão. O material filtrado foi seco a 60 °C em estufa com circulação e renovação de ar, para obtenção do concentrado proteico.

#### 4.1.3.3 Método II - Obtenção de concentrado proteico por precipitação isoelétrica

Este método foi adaptado de Cereda e Vilpoux (2003). Inicialmente, 50 g de torta desengordurada de crambe foi homogeneizada com água destilada na relação 1:10 (p:v). Posteriormente, utilizando NaOH, o pH foi ajustado em 12, e o material agitado durante 1 hora em temperatura ambiente. Em seguida, o material foi filtrado em tecido de algodão, e o material filtrado teve pH ajustado em 4. A amostra foi centrifugada por 10 minutos a 3200 rpm, obtendo-se sobrenadante e precipitado. O material precipitado passou por processo de secagem a 60 °C em estufa com circulação e renovação de ar, para obtenção do concentrado proteico.

#### 4.1.3.4 Método III - Produção de concentrado proteico por tratamento alcoólico

Utilizando uma adaptação do método usado por Lui et al. (2003), 50 g de torta desengordurada de crambe foi homogeneizada com água destilada na relação 1:10 (p:v), passando posteriormente pelo ajuste do pH para 12. Logo após, a solução passou por agitação em temperatura ambiente pelo período de 45 minutos. Em seguida, o extrato foi filtrado em tecido de algodão. Ao material filtrado adicionou-se etanol na proporção de 60%. Então, a amostra foi centrifugada por 10 minutos a 3200 rpm, obtendo-se uma fração sobrenadante e um precipitado. O precipitado passou pelo processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar em temperatura de 60 °C, para obtenção do concentrado proteico.

#### 4.1.4 Métodos analíticos

Logo após a obtenção dos concentrados proteicos, eles foram caracterizados quanto ao teor de proteína, quantidade de taninos, rendimento de extração de proteína e rendimento do concentrado proteico.

O teor de proteína e a quantidade de taninos presente nos concentrados proteicos foram determinados conforme itens 4.1.2.2 e 4.1.2.4, respectivamente.

##### 4.1.4.1 Rendimento de extração de proteína

O rendimento de extração de proteína foi obtido pelo cálculo da quantidade de concentrado em relação à torta (SILVA et al., 2012), conforme a equação abaixo:

$$\text{Rendimento de extração (\%)} = \frac{\text{PBCP}}{\text{PBIE}} \times 100$$

em que:

PBCP = massa de proteína bruta do concentrado proteico (g);

PBIE = massa de proteína bruta presente no início da extração (g).

##### 4.1.4.2 Rendimento de concentrado proteico

O rendimento do concentrado proteico foi determinado pelo cálculo de relação entre a massa do concentrado proteico obtido em cada método e a massa inicial de torta (SILVA et al., 2012), pela seguinte equação:

$$\text{Rendimento de concentrado proteico (\%)} = \frac{\text{MCP}}{\text{MIE}} \times 100$$

em que:

MCP = massa do concentrado proteico (g);

MIE = massa de torta no início da extração (g).

#### **4.1.5 Delineamento experimental e análise estatística na etapa I**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento (métodos IA, IB, II e III) e as análises foram realizadas em triplicada. Os dados foram classificados como normais pelo teste de Kolmogorov–Smirnov, a 5% de significância. Realizou-se análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Todas as análises estatísticas da etapa I foram realizadas no *software* Sisvar® (FERREIRA, 2011).

#### **4.2 Etapa II - Obtenção de concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas**

Nesta etapa, foi aplicado o método de precipitação isoelétrica, pois foi o método de obtenção de concentrado que apresentou maior teor de proteína na etapa I.

##### **4.2.1 Material**

Os grãos de crambe do cultivar FMS Brilhante, colhidos nos anos de 2013 e 2016, foram cedidos pelo Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, localizado no município de Cascavel – PR. A semeadura ocorreu em Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), a de 4 cm de profundidade nas entrelinhas separadas entre si com a distância de 0,25 m, obedecendo densidade de plantio proporcional a 20 kg de sementes viáveis por hectare (KNIGHTS, 2002).

Os grãos de crambe do mesmo cultivar, porém colhidos no ano 2015, foram cedidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná, cujas características de semeadura e plantio estão descritas no item 4.1.1.

Os grãos foram levados ao laboratório e mantidos em embalagem de polipropileno, em condições ambientais, sem controle de temperatura e umidade até o processo de prensagem.

As tortas de crambe foram obtidas por prensagem dos grãos inteiros em prensa do tipo Expeller, modelo 7590- B100, com temperatura de extração variando entre 90 e 100 °C. As características da prensa, que foi devidamente ajustada à oleaginosa em estudo por meio da distribuição de espaçadores entre os 12 discos que compõem a câmara de

compressão, podem ser observadas na Tabela 3. Logo após a obtenção, as tortas foram resfriadas até a realização das análises.

#### **4.2.2 Caracterização das tortas de crambe**

Para caracterização das tortas de crambe, foram avaliados os parâmetros descritos no item 4.1.2, cujas metodologias estão descritas nos itens 4.1.2.1, 4.1.2.2, 4.1.2.3 e 4.1.2.4, respectivamente.

#### **4.2.3 Obtenção de concentrado proteico de torta de crambe por precipitação isoelétrica**

Os concentrados proteicos de tortas de crambe foram extraídos, conforme descrito no item 4.1.3.3.

#### **4.2.4 Métodos analíticos**

Após aplicação do método de precipitação isoelétrica e obtenção dos concentrados proteicos, os mesmos foram caracterizados quanto ao teor de proteína nos concentrados proteicos e nos resíduos fibrosos, quantidade de taninos, rendimento de extração de proteína, rendimento do concentrado proteico, capacidade de absorção de água e óleo, parâmetros de cor e solubilidade proteica.

Os teores de proteína, quantidade de taninos, rendimento de extração de proteína e rendimento do concentrado proteico foram determinados conforme descrito nos itens, 4.1.2.2, 4.1.2.4, 4.1.4.1 e 4.1.4.2, respectivamente.

##### **4.2.4.1 Capacidade de absorção de água**

Utilizou-se 1 g de amostra de concentrado proteico homogeneizada em 50 mL de água destilada. Após agitação durante 60 segundos, o material homogeneizado foi centrifugado a 3600 rpm durante 20 minutos. O sobrenadante foi desprezado e o material contido no tubo da centrífuga, pesado. A relação de peso entre o material contido no tubo da centrífuga e a quantidade inicial de amostra determinou a capacidade de absorção de água,

com resultados expressos em porcentagem, a partir da seguinte fórmula (Adaptado de GLÓRIA; REGITANO-d'ARCE, 2000):

$$CAA = (\text{Peso do sedimento (g)} / \text{Peso da amostra seca (g)}) \times 100$$

#### 4.2.4.2 Capacidade de absorção de óleo

A partir da adaptação da metodologia usada por Glória e Regitano-d'Arce (2000), 1 g de amostra de concentrado proteico foi homogeneizada em 50 mL de óleo. Após agitação durante 60 segundos, o material homogeneizado foi centrifugado a 3600 rpm durante 20 minutos. O sobrenadante foi desprezado, e o material contido no tubo da centrífuga, pesado. A relação de peso entre o material contido no tubo da centrífuga e a quantidade inicial de amostra determinou a capacidade de absorção de óleo, com resultados expressos em porcentagem, a partir da seguinte fórmula:

$$CAO = (\text{Peso do sedimento (g)} / \text{Peso da amostra seca (g)}) \times 10$$

#### 4.2.4.3 Parâmetros de cor

A cor foi determinada por leitura direta nas amostras, em colorímetro Minolta, modelo CR-200, com abertura de 50 mm, o qual considera no seu sistema as coordenadas L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho) e b\* (intensidade de amarelo). O aparelho foi previamente calibrado em placa cerâmica branca de acordo com padrões pré-estabelecidas pelo fabricante (Y=85,8; x=0,3195; y=0,3369) As análises em cada amostra foram realizadas com triplicata, obtendo-se valores médios e desvio padrão dos parâmetros avaliados (GRANATO; MASSON, 2010). Para confecção da cor média dos concentrados proteicos obtidos, os valores de L\*, a\* e b\* (sistema CIELAB) foram convertidos para RGB pelo *software* colorMine®.

#### 4.2.4.4 Solubilidade proteica

Para determinação da solubilidade proteica, adaptou-se metodologia de Teo et al. (2010), e foi utilizado 0,5 g de amostra, que foi homogeneizada com 25 mL de água destilada. Após ajuste do pH entre 2 e 12, com auxílio de HCl e NaOH, a solução passou por agitação durante 2 minutos em agitador e triturador Turrtec – Modelo TE – 102, e

centrifugação durante 2 minutos a 3600 rpm. O teor de proteína foi determinado pelo método de LOWRY et al. (1951), utilizando o material sobrenadante. A leitura foi realizada a 660 nm, em espectrofotômetro.

A solubilidade da proteína, dada em porcentagem, foi calculada da seguinte maneira:

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{proteína solúvel no sobrenadante}}{\text{proteína total na amostra}} \times 100$$

#### 4.2.4.5 Balanço de massa

Foi realizado o balanço de massa (Adaptado de COLDEBELLA et al., 2013), considerando o processo em regime permanente. Para cada etapa de extração de concentrado proteico, a partir do método de precipitação isoelétrica, verificaram-se as massas, bem como teor de proteína e respectivas umidades.

Realizou-se o balanço em termos de massa seca e massa de proteína bruta calculado em base seca.

#### 4.2.5 Delineamento experimental e análise estatística na etapa II

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições do método III. As análises de caracterização das tortas de crambe e dos métodos analíticos foram realizadas em triplicata. Os dados foram classificados quanto a sua normalidade pelo teste de Shapiro Wilk, a 5% de significância. Houve análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Para determinação do coeficiente de correlação por teste de Pearson, foi utilizado o *software* Action® (EQUIPE ESTATCAMP, 2014)

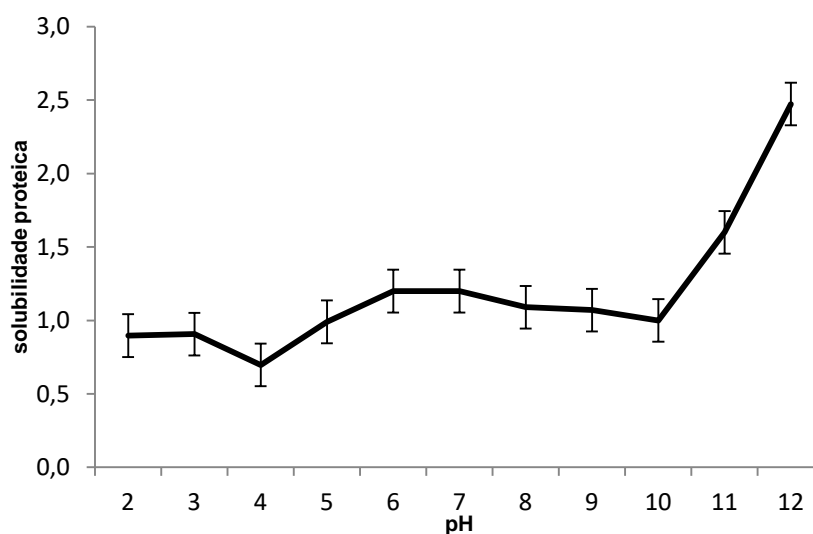


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Etapa I - Métodos de obtenção de concentrados proteicos de torta integral de crambe

Com uso de torta de grãos de crambe, aplicaram-se metodologias para obtenção de concentrado proteico com o objetivo de avaliá-los em função do rendimento de concentrados e extração proteica, teor de proteína e quantidade de taninos presentes. A partir da avaliação destes parâmetros, definiu-se o melhor método para obtenção de concentrados proteicos na etapa II.

Para determinação do ponto isoelétrico da proteína presente na torta de crambe, foi testada a solubilidade entre os pH's 2 e 12 (Figura 3), verificando-se a dinâmica da solubilidade em função da alteração do pH.



**Figura 3** Curva de solubilidade para obtenção do ponto isoelétrico (pI) da torta integral de crambe.

O ponto de menor solubilidade proteica foi obtido em pH 4, indicando o ponto isoelétrico das proteínas presentes na torta de crambe. No ponto isoelétrico, a carga líquida das moléculas de proteína está mais próxima de zero, causando a precipitação da proteína (BADIFU; AKUBOR, 2001). Glória e Regitano d'Arce (2000) observaram resultados semelhantes, constatando que o ponto de maior solubilidade proteica em torta de castanha do Pará foi atingido em pH 12. Outros trabalhos (SILVA-SANCHEZ et al., 2004; RODRÍGUEZ-AMBRIZ et al., 2005) também evidenciaram menor solubilidade em pH ácido e

picos de solubilidade em pH alcalino, corroborando Damodaran (1996), que sugere que a solubilidade proteica se eleva-se em pH's mais elevados.

A caracterização das tortas desengordurada e integral de grãos de crambe, cujos valores médios obtidos após análises encontram-se na Tabela 4, possibilitou verificar que o teor de água presente na torta desengordurada foi de 6,54%; na torta integral o teor de água foi de 6,68%. Os percentuais encontrados estão na faixa dos índices recomendados por Athié et al. (1998) e Custódio et al. (2005) para armazenamento de produtos oleaginosos. De acordo com esses autores, a manutenção da qualidade de espécies oleaginosas ocorre quando o armazenamento é realizado com até 11% de umidade no produto, pois reduz o risco de reações e deterioração provocados pela atividade enzimática, além de reduzir o desenvolvimento microbiano (KATO et al., 2018).

**Tabela 4** Composição química das tortas de crambe

Torta	Teor de água (%)	Lipídios (%)	Proteína (%N x 6,25)	Taninos (mg Kg <sup>-1</sup> )
Desengordurada	6,54±0,31 a	1,74±0,23 a	35,15±1,45 a	916,75±4,51 b
Integral	6,68±0,16 a	22,56±0,11 b	32,24±0,73 a	870,29±1,04 a

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

Os percentuais de lipídios determinados pelo método Goldfish foram de 22,56% na torta integral e 1,74% na torta desengordurada de grãos de crambe. De acordo com a Fundação MS (2008), o processo de prensagem pode apresentar até 75% de eficiência de extração do teor de óleo contido no material vegetal. Porém, o uso de solvente após o processo de prensagem pode levar a extração de até 100% do óleo contido no material vegetal. Os resultados obtidos sugerem a eficiência no processo de extração química manual com uso de n-hexano como solvente. Contudo, observa-se que esse processo gera custo pela necessidade de aquisição no solvente, bem como demanda tempo para realização do processo.

Ainda, os 32,24 e 35,15% de proteína bruta obtidos nas tortas integral e desengordurada, respectivamente, vão ao encontro de Abdalla et al. (2008), que observaram que as principais fontes proteicas para alimentação animal possuem de 14 a 60% de proteína bruta em sua torta. Porém, a constatação de 870,29 mg Kg<sup>-1</sup> e 916,75 mg Kg<sup>-1</sup> de taninos nas tortas integral e desengordurada evidenciam a presença deste composto antinutricional na composição do crambe, fazendo-se necessário a aplicação de metodologias capazes de reduzir a presença desse composto, sem afetar negativamente a qualidade e quantidade de nutrientes presentes.

As respostas obtidas para massa de proteína no concentrado proteico, rendimento do concentrado proteico, teor de proteína e rendimento de extração de proteína, obtidas a

partir da aplicação dos diferentes métodos para obtenção de concentrados proteicos estão apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5** Massa de proteína no concentrado proteico, rendimento do concentrado proteico, teor de proteína, rendimento de extração de proteína de torta de crambe

Método	Massa de proteína no concentrado (g)	Rendimento do concentrado (%)	Teor de proteína (%)	Rendimento de extração (%)
IA	6,26±0,49 a	28,44±0,27 a	43,98±3,05 a	35,60±2,82 a
IB	6,70±0,29 a	30,67±1,30 a	41,91±0,18 a	39,87±1,59 a
II	3,32±0,28 b	8,49±0,77 b	75,65±3,27 b	18,25±1,46 b
III	1,25±0,11 c	5,58±0,50 c	43,03±2,88 a	6,82±0,59 c

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Métodos:** IA: Solubilização proteica de torta desengordurada de crambe. IB: Solubilização proteica de torta integral de crambe. II: Precipitação isoelétrica de torta desengordurada de crambe. III: Extração alcoólica de torta desengordurada de crambe.

A massa de proteína no concentrado proteico foi de 6,70, 6,26, 3,32 e 1,25 g nos métodos IB, IA, II e III, respectivamente, em que se verifica que os métodos de precipitação isoelétrica e extração alcoólica diferiram estatisticamente entre si e também do método de solubilização proteica, que foi igual, independente da condição da torta de crambe utilizada, não representando diferença significativa.

Os rendimentos de concentrados proteicos obtidos foram de 28,44, 8,49, 5,58 e 30,67% nos métodos IA, II, III e IB, respectivamente. Independentemente da condição da torta, observou-se o mesmo rendimento de concentrado proteico no método de solubilização proteica. Contudo, os métodos de precipitação isoelétrica e extração alcoólica diferiram entre si neste parâmetro.

Em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2012), produzindo concentrados proteicos de folhas e da parte aérea da mandioca, o método de precipitação isoelétrica apresentou melhor rendimento com 18,31% e teor de proteína de 45,90%, percentual inferior ao obtido na presente pesquisa, que foi de 75,65%. Essa diferença pode ser justificada pela diferença no teor de proteína do produto inicial, uma vez que as folhas de mandioca utilizadas possuíam 25,69% de proteína.

Para Pirie (1987), a desintegração das células na solubilização proteica afeta o rendimento dos concentrados. Teo et al. (2010) obtiveram respostas semelhantes, pois no método que apresentou menor rendimento de extração, a relação p/v estabelecida foi de 1/10. Desse modo, entende-se que a relação p/v estabelecida durante a fase de homogeneização da amostra pode representar diferença no rendimento do concentrado proteico.

A principal diferença verificada nos métodos IA e IB é o estado (desengordurado e integral, respectivamente) das tortas de grãos de crambe. Observa-se que tais métodos apresentaram rendimento de concentrado proteico de 28,44 e 30,67%, respectivamente, bem como rendimento de extração de proteína de 35,60 e 39,87%. Silva et al. (2012) alcançaram 32,60% de rendimento de extração proteica, resultado corroborado por Coldebella et al. (2013), que obtiveram maior rendimento de extração de proteínas ao aplicar o método de solubilização para obtenção de concentrado proteico de folhas de mandioca. Todavia, nota-se que os conteúdos proteicos obtidos nos métodos IA e IB foram estatisticamente semelhantes. Assim, levanta-se a possibilidade de obtenção de concentrados proteicos em tortas integrais, permitindo obter um material de interesse, de modo mais rápido e com menos investimento financeiro, o que evidencia a necessidade de novas observações relacionadas à temática.

Quanto ao teor de proteína, o método II foi o que apresentou melhor resposta, com 75,65% de proteína no concentrado proteico, diferindo dos demais métodos testados, que foram estatisticamente semelhantes entre si. O teor de proteína obtido no concentrado é extremamente relevante, tendo em vista que é praticamente 10% superior ao exigido pela legislação para caracterizar um material como concentrado proteico. Assim, essa característica pode ser bastante interessante para a indústria.

O melhor desempenho observado no método de precipitação isoeletrica pode ser justificado pela faixa de pH aplicada, pois embora Chaves (1987); Derenzo e Aldeia (2000); Yu, Ahmedna e Goktepe, (2007) afirmem que a proteína se solubilize em pH alcalino, o ponto de precipitação proteico ocorre em pH ácido, como geralmente ocorre com as proteínas vegetais (DAMODARAN, 1996).

Glória e Regitano d'Arce (2000), utilizando o mesmo método, obtiveram concentrado e isolado proteico com 59,30% e 81,58% de proteína, respectivamente, em torta de castanha do Pará. De acordo com as autoras, tal método, além de ser um dos mais tradicionais e apresentar resultados satisfatórios na obtenção de concentrado proteico, é o método de recuperação de proteínas que causa menor desnaturação e, conseqüentemente, menores alterações nas propriedades funcionais.

As variações acerca do percentual proteico é explicada por Mosse e Baudet (1983), quando mencionam que além da metodologia empregada, condições ambientais e até mesmo as características do material vegetal observado podem representar variação no conteúdo proteico obtido. Sendo assim, a remoção de impurezas pelo processo de filtração aplicado pode ter provocado maior liberação e precipitação do conteúdo proteico presente no material vegetal, permitindo a obtenção de concentrado proteico com 75,65% de proteína. Contudo, deve-se ressaltar que o método de precipitação isoeletrica apresenta

algumas etapas a mais que os demais métodos empregados, o que sugere maior custo com material, bem como tempo para produção do concentrado.

Os resultados obtidos na presente pesquisa apontam maior obtenção de massa de proteína, massa de proteína no concentrado proteico, rendimento de concentrado proteico e rendimento de extração de proteína a partir do método por solubilização de proteínas. Contudo, apresentou os menores percentuais de proteína no concentrado. Isto vai de encontro à condição estabelecida pela ANVISA (1999), que condicionou a produção de concentrado ou isolado proteico ao percentual de proteína bruta obtido no produto de interesse. Assim, para um produto ser caracterizado concentrado proteico, deve apresentar no mínimo 68% de proteína, enquanto o isolado proteico deve apresentar teor mínimo de 88% de proteína. Contudo, tais valores de referência são aplicados à soja, tendo em vista a consolidação industrial e comercial da cultura. De qualquer modo, embora seja notória a importância da produção de material tido como passivo ambiental em material rico em proteínas, os valores de referência foram usados para comparação e classificação dos produtos obtidos na presente pesquisa.

A quantificação de taninos é um método usado para constatar a presença deste composto antinutricional num material vegetal. Sua presença pode provocar efeitos adversos no sabor, aroma e palatabilidade do produto. Os valores médios da quantificação da presença de taninos realizada nas tortas integral e desengordurada e nos concentrados proteicos obtidos a partir dos diferentes métodos estão na Tabela 6.

Os resultados indicam que houve interação química entre taninos e proteínas nos concentrados proteicos obtidos pelos métodos IA, IB e II. Isto porque, apenas o concentrado proteico obtido a partir da extração alcoólica apresentou redução na quantidade de taninos, quando comparado à presença deste composto na torta de crambe.

**Tabela 6** Quantidade de taninos nas tortas e concentrados proteicos

<b>Torta</b>	<b>Taninos</b>
Desengordurada	916,75±4,51
Integral	870,29±1,04
<b>Método</b>	
IA	959.51±4,15
IB	933,52±1,95
II	916.55±2,65
III	577.86±5,12

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão.

**Métodos:** IA: Solubilização proteica de torta desengordurada de crambe. IB: Solubilização proteica de torta integral de crambe. II: Precipitação isoelétrica de torta desengordurada de crambe. III: Extração alcoólica de torta desengordurada de crambe.

Carvalho (2007) cita que os taninos possuem estrutura molecular favorável à interação com proteínas, tendo em vista que apresentam zonas apolares que podem interagir com zonas apolares das proteínas, além de apresentar zonas hidrofílicas que podem participar em ligações de hidrogênio, isto porque, as ligações de hidrogênio são importantes para a estabilização do complexo proteína-tanino.

Uma possível justificativa para redução de taninos observada no Método III é condizente com as respostas obtidas por Teo et al. (2010), em que relatam que na fase de obtenção do concentrado proteico, a homogeneização e posterior agitação do material pode ter influenciado na redução de taninos, uma vez que taninos são hidrossolúveis, principalmente em processo de agitação (LIMA et al., 2004)

Os efeitos dos taninos na dieta animal provêm da capacidade de complexação com proteínas, preconizando-se uma concentração de taninos condensados em torno de 2-4% de matéria seca (MS), limite em que não há depressão do consumo e digestibilidade, havendo, porém, ao mesmo tempo, um aumento da quantidade de proteínas não degradadas no intestino delgado, melhorando a utilização de aminoácidos essenciais (OTERO; HIDALGO, 2004)

As etapas de solubilização e precipitação proteica com uso de HCl e NaOH (0,1, 1 e 2 M) podem ter causado efeito na interação taninos-proteína, pois, de modo geral, a força iônica induz um aumento da agregação de complexos proteína-taninos e elevação da precipitação (CARVALHO, 2007).

O uso de etanol na remoção do conteúdo de taninos mostrou-se eficiente na presente pesquisa e vai ao encontro das respostas obtidas por Lima et al. (2004), que verificaram eficiência na remoção de taninos em brotos de feijão-mungo (*Vigna radiata*). Do mesmo modo, Serafini et al. (1997) observaram redução na precipitação do conteúdo de taninos presente em vinho. Assim, justifica-se a redução no conteúdo deste composto observada neste estudo.

Então, verifica-se que a redução da quantidade de taninos pode se dar em função da metodologia empregada, uma vez que, processos de agitação e homogeneização, emprego de etanol como solvente e também a força iônica são determinantes no processo de hidrossolubilização.

Dessa forma, entende-se que a adoção do melhor método de obtenção de concentrados proteicos depende de uma série de fatores relevantes para a finalidade da obtenção, como a presença de compostos antinutricionais, o percentual proteico do produto obtido, além dos custos do processo de obtenção.

Assim, a produção de concentrado proteico de torta de crambe representa uma alternativa considerável, principalmente para a valoração do resíduo, o que compreende a aplicação prática do mesmo. Contudo, o método de precipitação isoelétrica produziu

concentrado proteico em maior percentual que os demais métodos aplicados e, portanto, foi o método utilizado na etapa II da presente pesquisa.

## 5.2 Etapa II - Obtenção de concentrado proteico e alteração físico química das tortas de crambe ao longo do armazenamento

Na Tabela 7, estão apresentados os valores referentes ao teor de água, teor de proteína e à quantidade de taninos presentes nas tortas desengorduradas e armazenadas de crambe.

**Tabela 7** Médias de teor de água, teor de proteína e quantidade de taninos nas tortas armazenadas de grãos de crambe

Tempo de armazenamento (anos)	Teor de água (%)	Teor de proteína (%)	Taninos (mg kg <sup>-1</sup> )
0	7,86 a	38,72 a	880,73±6,08 a
1	6,54 b	35,15 b	916,75±4,51 ab
3	6,28 b	32,24 b	926,18±1,04 b

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Ao longo do armazenamento das tortas, houve redução significativa dos teores de água e proteína e aumento na quantidade de taninos, até um ano de armazenamento. Contudo, os armazenamentos de um e três anos não diferiram estatisticamente para esses parâmetros.

Os resultados indicam que a torta de crambe sem armazenamento proporcionou melhores respostas em todos os parâmetros analisados (Tabela 8), indicando influência do tempo de armazenamento das tortas nestes parâmetros, uma vez que as respostas obtidas foram estatisticamente superiores às obtidas para grãos com 1 e 3 anos de armazenamento, que não diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância.

**Tabela 8** Médias da massa do concentrado proteico, rendimento de concentrado proteico e massa de proteína no concentrado proteico

Tempo de armazenamento (anos)	Massa do concentrado proteico (g)	Massa de proteína no concentrado proteico (g)	Rendimento de concentrado proteico (%)	Rendimento de extração de proteína (%)
0	17,07±0,84 b	12,32±1,52 b	33,63±1,55 b	62,75±7,61 b
1	9,92±2,52 a	7,06±1,40 a	19,56±4,98 a	39,61±7,88 a
3	10,50±4,09 a	7,78±2,26 a	21,13±8,33 a	48,42±14,18 ab

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Ao longo do armazenamento, houve redução na massa do concentrado proteico, massa de proteína no concentrado proteico, rendimento dos concentrados e no rendimento de extração de proteína (Tabela 8).

Embora o teor de água das tortas de crambe armazenadas estivesse relativamente baixo estava dentro das condições ideais. Weber (2005) afirma que o teor de água é um dos parâmetros que, se estiver fora dos padrões adequados, pode acelerar o desenvolvimento microbiano e de reações enzimáticas, causando a deterioração do produto e a consequente perda da qualidade e características próprias do produto, é possível que tenham ocorrido alterações durante o armazenamento, capazes de estimular o desenvolvimento microbiano e a consequente redução do conteúdo proteico.

Os resultados permitem estabelecer uma breve relação de confronto aos obtidos por Zonta et al. (2011) que, de modo geral, sugerem que o armazenamento de grãos oleaginosos não deve compreender longos períodos. Porém, não mencionam prejuízos às características de torta ou farelo de oleaginosas, por exemplo, em função do período de armazenamento. Sendo assim, os resultados sugerem que o armazenamento dos grãos em condições ambientais, bem como o resfriamento das tortas não impediram a degradação no teor de proteína de concentrados obtidos dentro dos tempos avaliados na presente pesquisa.

**Tabela 9** Médias dos teores de proteína obtidos nos concentrados proteicos e resíduos após filtração

Tempo de armazenamento (anos)	Teor de proteína	
	Concentrado proteico (%)	Resíduo fibroso (%)
0	79,32±2,02 a	41,24±3,29 a
1	73,44±3,28 b	47,01±2,11 b
3	72,04±2,19 b	49,81±2,65 b

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Durante o processo de filtração empregado na metodologia de precipitação isoelétrica para obtenção dos concentrados proteicos com material sem armazenamento, 41,24% de proteínas ficou retido no resíduo fibroso, conforme se verifica nos dados da Tabela 9. Esse percentual foi inferior e estatisticamente diferente do observado nos resíduos fibrosos obtidos das tortas com 1 e 3 anos de armazenamento, que apresentaram 47,01 e 49,81% de proteína, respectivamente, que foram estaticamente iguais entre si.

A diferença do percentual proteico retido no resíduo fibroso das tortas de crambe pode ser explicada pelas características de hidrofobicidade e hidrofiliidade das proteínas, que são capazes de afetar também a solubilidade proteica, representada pela manutenção



das interações entre proteínas e proteína-água (DAMODARAN; PARAF, 1997; DONADEL; FERREIRA, 1999), que podem ser influenciadas também pelo pH do solvente aplicado no desengorduramento da torta.

Ainda, é possível que parte do conteúdo proteico presente nas tortas armazenadas não tenha sido precipitado durante a aplicação do método de obtenção de concentrado proteico, mas que tenha ficado retido no resíduo fibroso durante o processo de filtração. Os maiores percentuais (47,01 e 49,81%) de proteína contida nos resíduos fibrosos das tortas de crambe com 1 e 3 anos de armazenamento, respectivamente, condizem com os menores rendimentos de extração de proteína obtidos nas tortas com os respectivos tempos de armazenamentos.

Embora Coldebella et al. (2013) tenham observado que duas fases de extração de concentrados proteicos em folhas de mandioca não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa no método de precipitação isoelétrica, o elevado percentual proteico retido no resíduo indica a possibilidade de obtenção de maior teor de proteína no concentrado se o resíduo obtido for inserido novamente no processo de obtenção de concentrados proteicos, isto porque, as características do material vegetal pode indicar diferentes resultados. Portanto, torna-se interessante o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao número de fases de extração de concentrados proteicos de crambe.

O tempo de armazenamento das tortas de grãos de crambe influenciou na capacidade de absorção de água e óleo dos concentrados proteicos (Tabela 10).

O concentrado proteico de tortas de crambe sem armazenamento alcançou 376,85% de capacidade de absorção de água, seguido por 364,92 e 268,77% de para as tortas armazenadas durante 1 e 3 anos, respectivamente. Desse modo, observa-se que a capacidade de absorção de água do concentrado proteico de tortas de crambe armazenadas por 3 anos diferiu estatisticamente dos demais. Assim, os resultados obtidos apontam que a capacidade dos concentrados proteicos de tortas de grãos de crambe absorverem água reduziu ao longo do armazenamento.

**Tabela 10** Médias de capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) dos concentrados proteicos

Tempo de armazenamento (anos)	CAA (%)	CAO (%)
0	376,85±16,88 a	242,05±2,79 a
1	364,92±7,31 a	207,41±6,68 ab
3	268,77±9,72 b	170,87±9,83 b

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A importância desta característica tecnológica é dada por Silva, Azevedo e Azevedo (2015), quando afirmam que a capacidade de absorção de água que as proteínas ou

alimentos proteicos possuem está relacionada com a interação proteína-água; com isso, a maior ou menor afinidade entre proteína e água está diretamente ligada à geleificação, textura e viscosidade, que são fatores determinantes para aceitação do produto no mercado.

Gloria e Regitano d' Arce (2000) constataram capacidade de absorção de água de 327%, 338,12% e 149,7% no que classificaram, respectivamente, como torta desengordurada, concentrado e isolado proteico de castanha do Pará.

Fasuyi e Aletor (2005) apresentaram média de 409% de capacidade de absorção de água para farinha de folhas de mandioca. Os concentrados proteicos produzidos pelos pesquisadores variaram entre 118 e 225,50%

Resultados da pesquisa desenvolvida por Modesti et al. (2007) apontaram 667% mais capacidade de absorção de água em farinha de folhas de mandioca em comparação à capacidade de absorção de água de concentrado proteico de folha de mandioca, que foi de 367%.

O pH de uma solução pode ser determinante para a capacidade de absorção de água de um concentrado proteico, tendo em vista que, de modo geral, as proteínas são menos hidratadas em seu ponto isoelétrico, que é o ponto de precipitação proteica.

Resultados da pesquisa realizada por SÁNCHEZ-VIOQUE et al. (1999) apontaram capacidade de absorção de água de 178,8% para a farinha de grão-de-bico e de 199,5 e 343,7% para dois isolados proteicos obtidos desta farinha, respectivamente em pHs 10,5 e 12, com sulfito de sódio.

Nesse sentido, o método de precipitação isoelétrica empregado na presente pesquisa pode ter influenciado na interação da proteína com a água.

Assim, as variações acerca da capacidade de absorção de água por materiais vegetais pode variar em função de diversos fatores, dentre eles o pH do meio e as condições de armazenamento, tais como o período, a temperatura e a umidade aos quais os materiais vegetais foram submetidos.

A capacidade de absorção de óleo em concentrados proteicos de tortas de crambe também apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em função do tempo de armazenamento ao qual ficaram expostas. O concentrado proteico com torta de grãos de crambe sem armazenamento apresentou maior capacidade de absorção de óleo, com 242,05%. Este resultado foi estatisticamente igual à capacidade de absorção de óleo do concentrado proteico obtido com tortas armazenadas durante 1 ano, que foi de 207,41%. O armazenamento de tortas de crambe durante 3 anos indicou o menor percentual obtido para capacidade de absorção de óleo no concentrado proteico, com 170,87%. Esses resultados apresentam tendência semelhante à capacidade de absorção de água e refletem redução linear destes dois parâmetros tecnológicos ao longo do armazenamento das tortas de crambe.

As capacidades de absorção de água e óleo influenciam na aparência do alimento e no seu comportamento influenciando o seu consumo. Normalmente, essas propriedades estão relacionadas aos componentes químicos, como as proteínas, por exemplo, que têm a capacidade de exercer absorção de água (MIZUBUTI et al., 2000).

Aletor (2010) destaca que elevada capacidade de absorção de água é interessante para alimentos com alta viscosidade, como sopas e molhos.

Em sistemas alimentares, boas interações de água e óleo com proteínas são fundamentais, pois isso afeta indiretamente o sabor e a textura dos alimentos. Nesse sentido, Saetae e Suntornsuk (2011) afirmam que a fixação de aroma num alimento está relacionada à capacidade de absorção de óleo do material proteico, tornando-o mais atraente a quem ingerir.

Produtos com alta capacidade de absorção de óleo possuem grande interesse industrial. Sánchez-Vioque et al. (1999) indicam materiais com elevada capacidade de absorção de óleo para aplicação, especialmente, em alimentos nos quais a retenção de sabor seja desejável, tais como produtos cárneos e derivados do leite.

Ogunwolu et al. (2009) destacam que a retenção de óleo é uma característica importante para uso na indústria de carnes frias, particularmente para salsichas, em que a proteína pode preencher a gordura e a água nestes produtos. Para Chandi e Sogi (2006), massas de bolos, maionese e molho para saladas requerem elevada capacidade de absorção de óleo para retenção do sabor e palatabilidade.

Entretanto, a absorção de óleo pode alterar a qualidade do produto final, principalmente em função da possibilidade de oxidação lipídica, amargando e reduzindo a palatabilidade e o valor nutricional do alimento.

Outra forma de aproveitamento do crambe seria na alimentação animal, pois a utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal é um processo interessante, tendo em vista a prática ambientalmente correta e sustentável de aproveitamento do resíduo, bem como pela redução no custo da alimentação animal.

Canova (2012) utilizou proteína da torta de crambe em substituição à proteína do farelo de soja para dieta em cordeiros. Os níveis avaliados foram 0%, 22%, 44% e 64% e, assim, observou redução no consumo diário de matéria seca de 13,7%, para os animais alimentados com 64% de torta de crambe, em comparação aos do grupo controle.

Hartwig, Kampf e Lebzien (2005), usando 30% de torta de crambe na dieta de vacas leiteiras, observaram decréscimo na ingestão do concentrado, redução no teor de gordura e elevação no teor de ácido erúcido do leite. O aproveitamento de concentrados proteicos, vindo de tortas desengorduradas, como o produzido no presente trabalho, seria uma boa alternativa para se evitar esse problema. Contudo, associando ao fato do aproveitamento de concentrados proteicos de tortas de grãos de crambe em parte da dieta de animais

ruminantes, sugere-se o desenvolvimento de estudos para comprovação de tais efeitos na dieta animal.

Para inserção desse produto em alimentação humana, a cor é um dos importantes parâmetros de aceitação. Os parâmetros de cor dos concentrados proteicos foram avaliados quanto ao índice de luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade ( $a^*$ ,  $b^*$ ), em função do tempo de armazenamento das tortas de crambe.

Os valores encontrados para parâmetros de cor dos concentrados proteicos de torta de crambe (Tabela 11) indicam que  $a^*$  não diferiu estatisticamente, porém, o período de armazenamento provocou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) sobre os índices  $L^*$  e  $b^*$  na cor dos concentrados proteicos de tortas de crambe.

**Tabela 11** Valores dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  obtidos a partir de análise de cor dos concentrados proteicos de tortas de crambe

Tempo de armazenamento (anos)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$
0	46,15±2,36 a	6,98±0,70 a	17,52±1,47 a	18,86±0,81 a
1	39,23±0,95 b	8,35±0,27 a	12,89±0,94 ab	15,36±0,76 b
3	34,45±1,78 c	8,53±2,54 a	10,09±6,03 b	13,21±1,14 b

**Notas:** Média de três repetições;  $\pm$  desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra na coluna não são significantes pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Embora não tenha havido diferença significativa para o parâmetro  $a^*$ , que indica escurecimento do material, devido à tendência à cor vermelho, nota-se leve acréscimo nos valores obtidos em função do tempo de armazenamento das tortas.

O parâmetro  $b^*$  tende à cor amarelo e os valores apresentados indicam que houve redução desse parâmetro ao longo do armazenamento.

Os valores médios para luminosidade ( $L^*$ ) revelam maior claridade no concentrado proteico de torta de crambe sem armazenamento, seguido pelos concentrados com tortas armazenadas durante 1 e 3 anos, respectivamente. Assim, observa-se escurecimento dos concentrados em função do tempo de armazenamento das tortas de crambe. Isto porque, é possível que tenha havido degradação do material vegetal ao longo do armazenamento o que pode ter sido provocado pelas condições ambientais as quais foram expostos.

Ainda, é possível que tenha havido reação de Maillard ou escurecimento não enzimático, dado em função do cozimento ou secagem em temperatura elevada, permitindo a evaporação da água de modo mais rápido, em função das reações químicas ocorridas e escurecimento do concentrado. O escurecimento provocado por essa reação é responsável pelo sabor, aroma e cor do alimento, porém, pode também reduzir seu valor nutricional (BALDWIN et al., 1996; BASTOS et al., 2011; BRIÃO et al., 2011).

Nos dados da Tabela 12, estão as cores médias dos concentrados proteicos dadas a partir da leitura em R,G,B. É possível visualizar que as cores dos concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas variaram em tons de marrom.

Devido à recomendação do uso de concentrado proteico de torta de crambe apenas na dieta de ruminantes, a cor não interferirá na aceitação do produto por parte do animal. No entanto, é um parâmetro interessante para servir de base e suporte para futuras discussões acerca de pesquisas relacionadas ao tema.

Durante o processamento de produtos ricos em taninos, pode ocorrer uma reação de escurecimento provocada pelo teor dos polifenóis, pela presença de oxigênio e pela atividade da enzima polifenoloxidase (RODRÍGUEZ-DELGADO et al., 2002).

A cor escura dos concentrados proteicos obtidos sugere relação com a ocorrência de elevação da quantidade de taninos presente nas tortas de crambe ao longo do armazenamento e, possivelmente, a presença de outros compostos fenólicos, visto que Monteiro et al. (2005) citam que, embora o método de Folin-Denis seja bastante utilizado na quantificação de taninos, não há distinção entre os compostos fenólicos e outros componentes presentes na leitura, como o ácido ascórbico.

Pode-se considerar ainda, que a interação entre resíduo fibroso e proteína observada na Tabela 9 tenha afetado a coloração dos concentrados proteicos.

**Tabela 12** Cor média dos concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas

Tempo de armazenamento (anos)	Cor do concentrado proteico	R	G	B
0		130,85	104,40	80,39
1		112,91	87,03	71,89
3		99,86	75,78	65,40

Alguns fatores como condições e metodologia durante o processo de obtenção (YADAV; SEHGAL, 2003; BEAN et al., 2006; GAMEL et al., 2006) e oxidação do material vegetal (KLIMCZAK; MALECKA; PACHOLEK, 2002, CORDERO-DE-LOS-SANTOS et al., 2005) influenciam na coloração de produtos proteicos. Ainda, a reação de proteína-taninos possui influência direta na cor de concentrados e isolados proteicos (XU; DIOSADY, 2002; WINTERS; MINCHIN, 2005; L'HOCINE; BOYE; ARCAND, 2006).

A quantificação de taninos (Tabela 13) indica pequena faixa de variação para presença deste composto, em que o concentrado proteico obtido a partir de tortas sem armazenamento apresentou 859,42 mg kg<sup>-1</sup> de taninos, enquanto os concentrados obtidos com tortas armazenadas durante 1 e 3 anos, apresentaram 836,44 e 849,19 mg kg<sup>-1</sup> de taninos, respectivamente.

**Tabela 13** Quantidade de taninos presentes nas tortas e concentrados proteicos de crambe

Tempo de armazenamento (anos)	Taninos (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Torta	Concentrado proteico
0	880,73±6,08 bA	859,42±1,52 aA
1	916,75±4,51 abB	836,44±3,93 aA
3	926,18±1,04 aB	849,19±3,57 aA

**Notas:** Média de três repetições; ± desvio padrão; valores seguidos pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Quando observada a produção de concentrados proteicos, os resultados sugerem interação entre taninos e proteína no concentrado proteico de tortas sem armazenamento. Isto porque, observa-se uma pequena e não significativa redução da presença desse composto, visto que a torta apresentou 880,73 mg kg<sup>-1</sup> de taninos, enquanto o concentrado apresentou 859,42 mg kg<sup>-1</sup>.

O ponto isoelétrico, além de promover a precipitação proteica, pode também promover maior interação proteína-taninos. Hagerman e Butler (1981) sugeriram que as ligações proteína-tanino são maiores a pH perto do ponto de precipitação proteica, o que pode ter provocado ausência de redução significativa na quantidade de taninos.

Os concentrados proteicos produzidos com tortas armazenadas durante 1 e 3 anos apresentaram redução significativa na quantidade de taninos em comparação às respectivas tortas.

A maior perda destes compostos fenólicos presentes nos concentrados pode ser em função de menor agregação proteína-fenol, promovida por interações hidrofóbicas, o que não foi observado no concentrado proteico de torta sem armazenamento. Possivelmente, essa hidrofobia tenha sido causada ao longo do armazenamento.

Shamanthaka e Narasinga (1990) indicam que em processos para obtenção de isolado e concentrado proteico, compostos fenólicos podem ser liberados em meio alcalino. Assim, sugere-se que parte dos fenóis tenha ficado no resíduo fibroso obtido no processo de filtração, antes mesmo de ajuste do pH ao ponto isoelétrico da proteína.

Então, entende-se que as interações proteína-taninos podem ser afetadas por diversos fatores, entre eles, a estrutura da proteína, do tanino e as condições do meio, como o pH, tipo de solvente usado, dentre outros, pois, conforme Haslam (1989) e Salunkhe, Chavan e Kadam (1990) taninos são compostos solúveis em água e capazes de complexar e precipitar proteínas quando em soluções aquosas, o que pode justificar as variações na quantidade de taninos para a presente pesquisa.

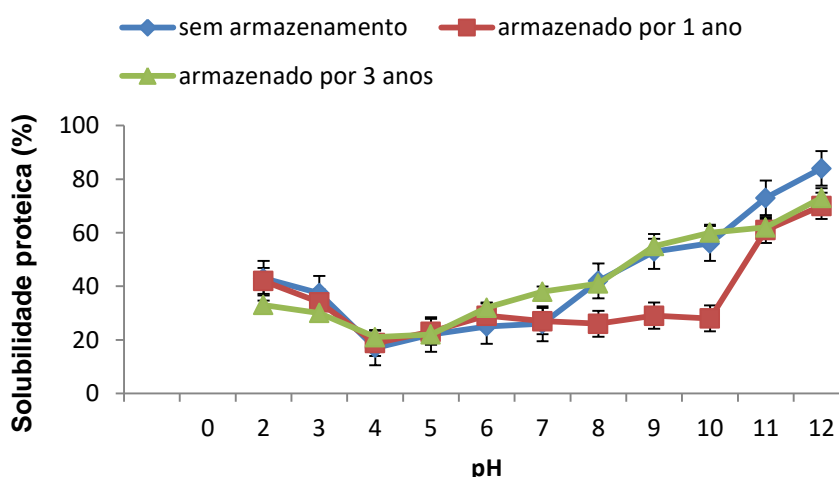
Ainda, a presença de taninos no material vegetal pode alterar em função de alguns fatores como genótipo, manejo agrônômico, maturação na colheita, armazenamento e condições climáticas (HÄKKINEN; TÖRRÖNEN, 2000; NINFALI; BACCHIOCCA, 2003).

Em testes realizados com objetivo de analisar o efeito antinutriente dos taninos, observou-se influência negativa sobre a ingestão de alimento, a taxa de crescimento, a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de aminoácidos, de algumas vitaminas e minerais (VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000).

Porém, não há uma faixa mínima e máxima de segurança adequada, que determine a quantidade ideal ou suficiente para o consumo (TEO et al., 2010). Além disso, está bem descrito um papel antioxidante benéfico destes e de outros compostos fenólicos da dieta (VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000; SOARES, 2002; LIMA et al., 2004).

Os perfis de solubilidade proteica (Figura 4) dos concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas foram determinados num intervalo de faixa de pH de 2 a 12.

Os concentrados proteicos obtidos apresentaram comportamento semelhante quanto à solubilidade das proteínas. Em pH 2 e 3, a solubilidade dos concentrados proteicos foi intermediária. Em pH 4, ponto isoelétrico da maioria das proteínas vegetais (DAMODARAN, 1996; RODRÍGUEZ-AMBRIZ et al., 2005). Ainda, os pontos de menor solubilidade ocorreram em pH mais elevado, em meio alcalino.



**Figura 4** Perfis de solubilidade proteica de concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas.

Alguns pesquisadores (CHAVES, 1987; GLÓRIA; REGITANO-d'ARCE, 2000; ALETOR; OSHODI; IPINMOROTI, 2002; RANGEL et al., 2003; MODESTI, et al., 2007) apresentam relatos de menor solubilidade de proteínas em pH ácido e maior solubilidade em pH mais elevado, sob condição alcalina. Assim, observa-se comportamento semelhante, independente da espécie vegetal, cujas variações da solubilidade dão-se em função do pH, força dos íons, polaridade do solvente e condições metodológicas aplicadas durante o processo (DAMODARAN, 1996).

Observa-se sensível redução da solubilidade das proteínas dos concentrados proteicos de tortas crambe armazenadas durante 1 e 3 anos, indicando que o armazenamento em longos períodos pode reduzir a solubilidade, possivelmente em função da ocorrência de interações hidrofóbicas entre proteínas. A solubilidade pode ainda sofrer alteração em função da quantidade de taninos presente no material em análise.

Outro fator que pode afetar a solubilidade é a presença de carboidratos, que podem competir com o conteúdo proteico pela água disponível na solução, conforme apresentado por Glória e Regitano-D'Arce (2000). Essas autoras indicam, também, que, quando tais materiais proteicos apresentam baixa solubilidade em pH ácido, não se recomenda-se o uso em bebidas, contudo, podem ser aplicados em pães e massas em geral.

Sendo assim, a determinação da curva de solubilidade proteica é extremamente relevante, pois permite conhecer o comportamento proteico em função dos pH's, permitindo maior rendimento na produção dos concentrados ou isolados proteicos, independente da aplicação industrial.

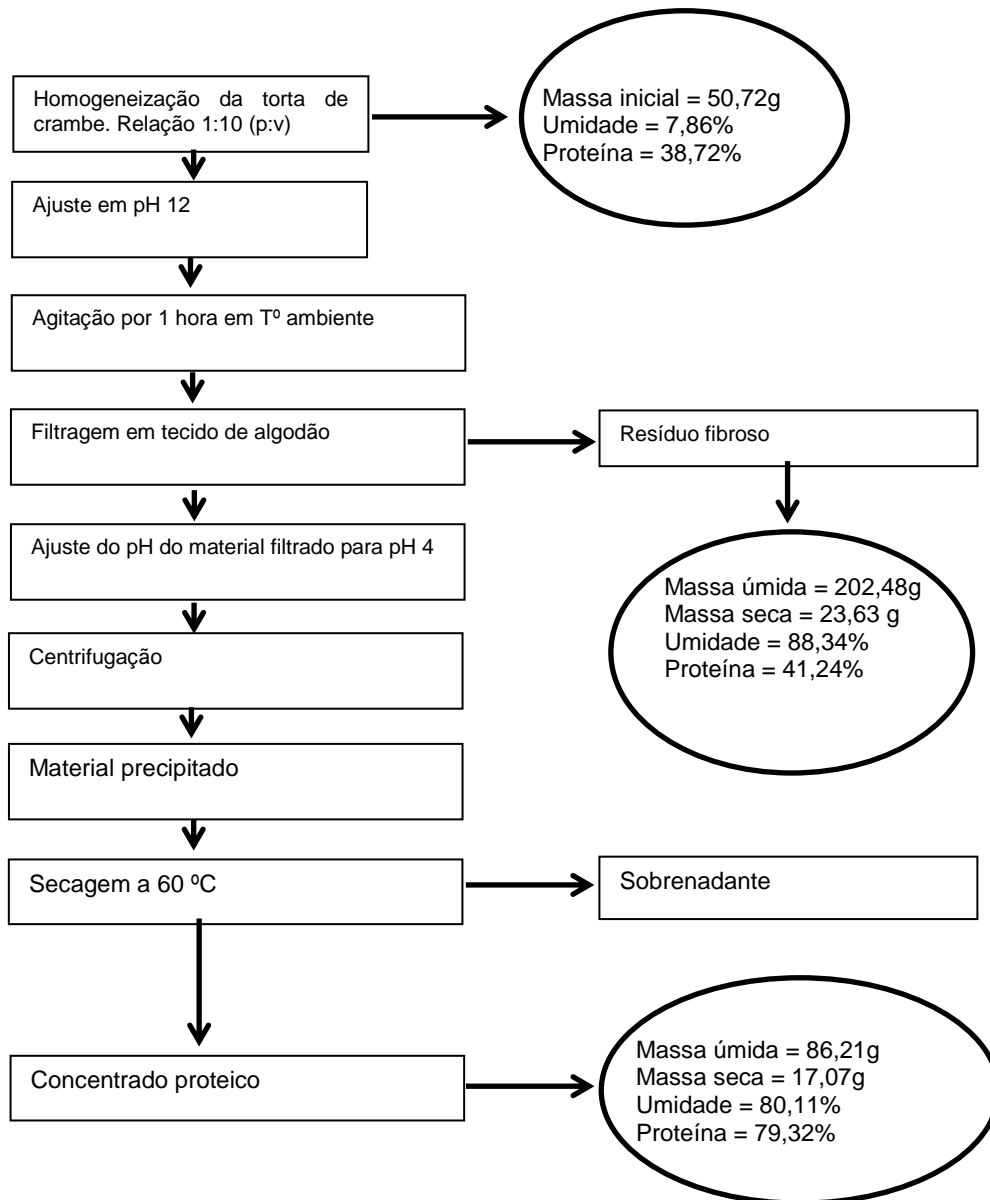
As figuras 5, 6 e 7 demonstram, em forma de fluxograma, o balanço de massa da obtenção de concentrados proteicos de tortas de crambe armazenadas em três etapas (inicial, após filtração e final) do processo de extração, a partir da aplicação do método de precipitação isoelétrica para obtenção dos concentrados proteicos.

Foi determinada a massa seca e os teores de umidade e proteína das tortas de crambe usadas no início do processo. Para o resíduo fibroso obtido a partir da filtração do material homogeneizado, bem como para o concentrado proteico obtido, foram determinadas as massas úmida e seca, o percentual de umidade e o teor proteico.

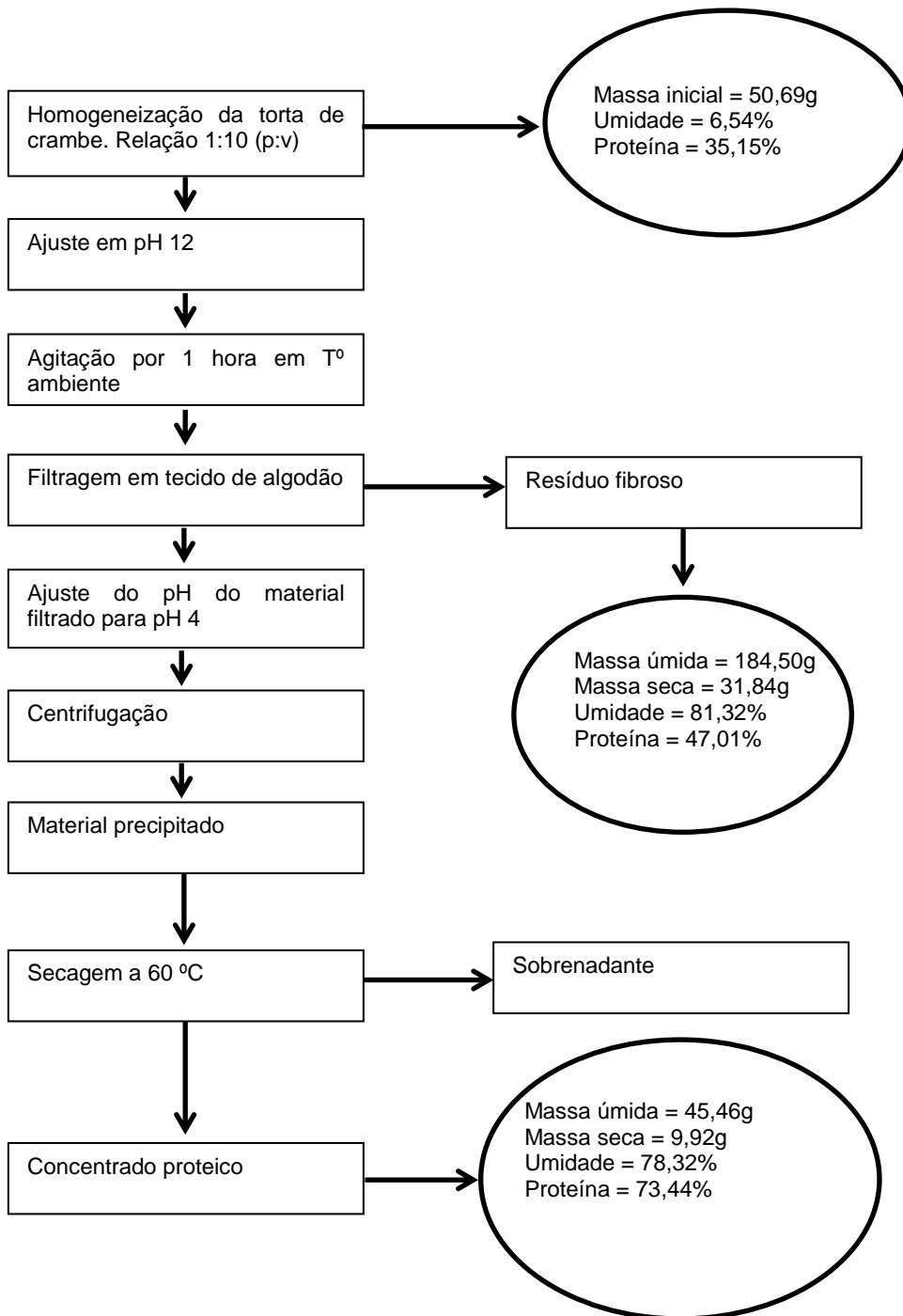
Após homogeneização das amostras usadas para obtenção dos concentrados, o pH foi ajustado para 12 com objetivo de solubilizar o conteúdo proteico presente na torta. Então, o material passou por agitação e, posteriormente, filtração para que houvesse remoção do resíduo fibroso, cascas e demais impurezas. O pH do material filtrado foi ajustado para 4, sendo observada a formação de coágulos, com aparência bastante densa, indicando a precipitação proteica no referido pH, caracterizado como ponto de precipitação isoelétrica.

Os concentrados proteicos apresentaram coloração escura com tendência ao marrom e aspecto bastante pastoso. Os concentrados proteicos obtidos a partir de tortas de crambe após prensagem e com 1 e 3 anos de armazenamento, apresentaram 79,32, 73,44 e 72,04%, respectivamente de proteína em sua composição, no entanto, não diferiram estatisticamente entre si.

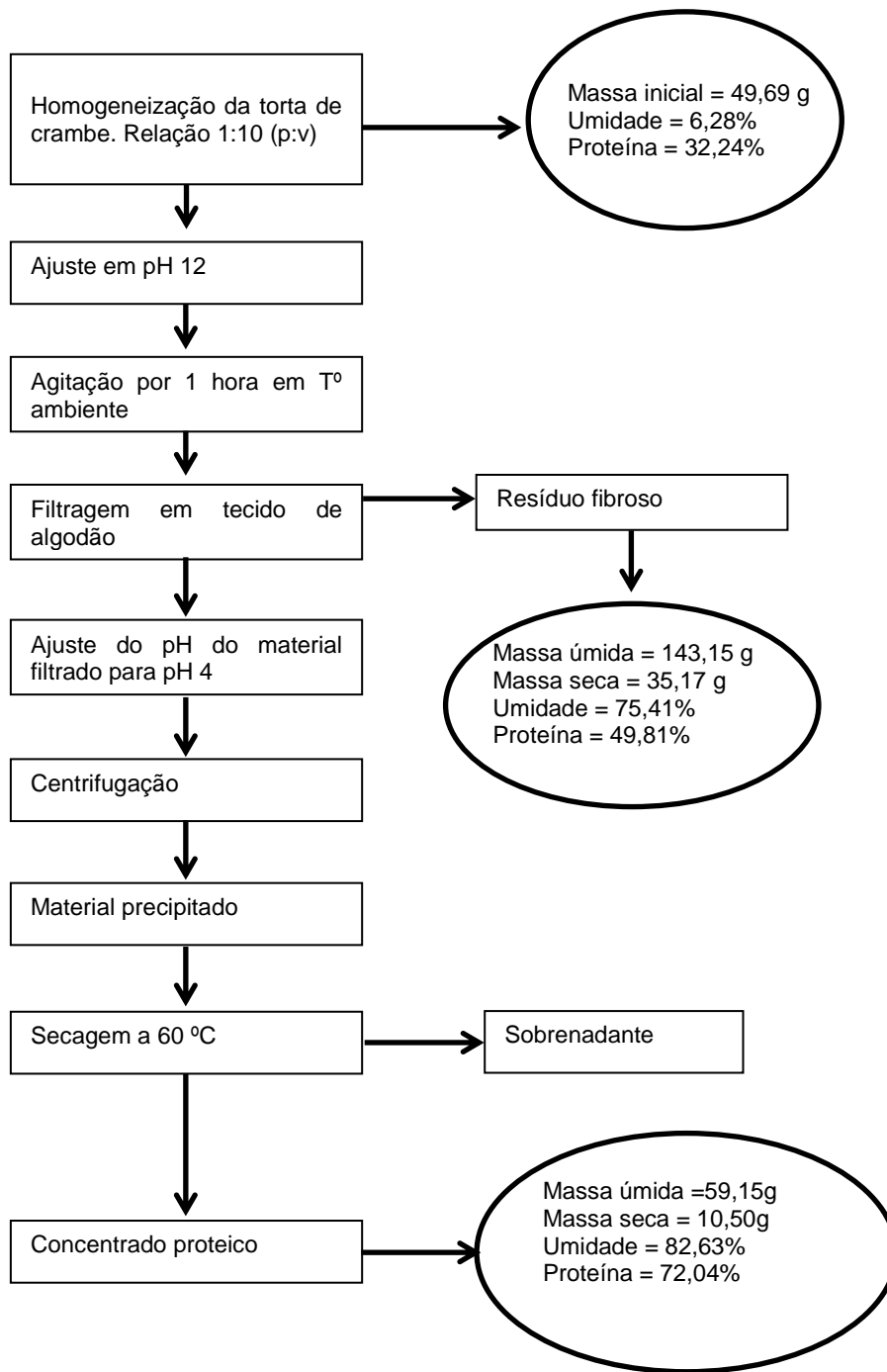




**Figura 5** Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe imediatamente após prensagem.



**Figura 6** Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe armazenada durante 1 ano.



**Figura 7** Balanço de massa da obtenção do concentrado proteico com torta de crambe armazenada durante 3 anos.

Para o melhor entendimento das relações entre as variáveis estudadas e seu comportamento durante o armazenamento dos grãos foi realizada a análise de correlação dos dados. O coeficiente de correlação indica o grau de intensidade da correlação entre as variáveis, bem como o sentido (positivo ou negativo) dessa correlação.

A ocorrência de correlação positiva indica que as duas variáveis tendem à mesma direção. A correlação negativa indica que as duas variáveis movem-se em direções opostas. Em ambos os casos, a correlação, independente se positiva ou negativa, é mais forte quando mais próxima de um. No entanto, a correlação nunca pode ser maior do que 1 ou menor do que menos 1.

Na Tabela 14 é apresentada a matriz de correlação das variáveis relacionadas à obtenção de concentrado proteico de torta de crambe sem armazenamento.

**Tabela 14** Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe sem armazenamento.

	L	a	b	caa	cao	ptn_cp	ptn_res	massa_cp	rend_cp	massa_ptn_tor	massa_ptn_cp	rend_ext	Tan_cp
L	1,00												
A	<b>0,93*</b>	1,00											
B	<b>0,81*</b>	<b>0,93*</b>	1,00										
Caa	-0,16	-0,12	-0,04	1,00									
Cao	-0,11	-0,15	-0,24	0,50	1,00								
ptn_cp	-0,29	-0,25	-0,32	0,07	0,16	1,00							
ptn_res	-0,55	-0,35	-0,35	0,15	0,11	<b>0,81*</b>	1,00						
massa_cp	-0,20	-0,25	-0,30	-0,02	-0,04	-0,35	-0,22	1,00					
rend_cp	-0,21	-0,25	-0,29	0,00	-0,02	-0,36	-0,22	<b>1,00*</b>	1,00				
massa_ptn_tor	-0,03	-0,13	-0,39	-0,20	-0,17	-0,15	-0,13	<b>0,70*</b>	<b>0,64*</b>	1,00			
massa_ptn_cp	0,36	0,38	0,19	0,47	0,18	0,02	-0,04	0,26	0,23	0,45	1,00		
rend_ext	0,37	0,39	0,21	0,48	0,19	0,02	-0,03	0,24	0,21	0,41	<b>1,00*</b>	1,00	
Tan_cp	-0,03	-0,16	-0,36	<b>-0,62*</b>	-0,32	0,18	0,07	-0,18	-0,24	0,43	-0,29	-0,31	1,00

**Notas:** \*p-valor  $\leq 0.05$ . Parâmetros de cor L\*, a\*, b\*; capacidade de absorção de água (caa); capacidade de absorção de óleo (cao); proteína no concentrado proteico (ptn\_cp); proteína no resíduo (ptn\_res); massa do concentrado proteico (massa\_cp); rendimento de concentrado proteico (rend\_cp); massa de proteína na torta (massa\_ptn\_tor), massa de proteína no concentrado proteico (massa\_ptn\_cp), rendimento de extração proteica (rend\_ext) e taninos no concentrado proteico (tan\_cp) de torta de crambe sem armazenamento.

Houve forte correlação positiva significativa entre os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ).

O teor de proteína presente no concentrado apresentou baixa correlação inversa com a massa e rendimento do concentrado proteico, e forte correlação com a massa de proteína do concentrado e com a variável rendimento de extração proteica. Contudo, houve forte correlação significativa (0,81) com a proteína presente no resíduo.

As correlações do rendimento do concentrado proteico com as demais variáveis foram fracas.

Houve correlação positiva perfeita entre as variáveis massa do concentrado proteico e rendimento de concentrado proteico e, também, para massa de proteína no concentrado e rendimento de extração. A correlação de 1,00 indica que as variáveis estão perfeitamente correlacionadas positivamente e possuem dependência estatística linear entre si. Desse modo, entende-se que quanto maior rendimento do concentrado proteico, maior será a massa do concentrado proteico.

A massa de proteína presente na torta classificada como sem armazenamento apresentou significativa correlação moderada com o rendimento de concentrado proteico e massa do concentrado proteico. As demais correlações desse parâmetro não foram estatisticamente significativas.

Houve correlação moderada entre capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo. No entanto, essas variáveis apresentaram correlação fraca com as demais, exceto entre a capacidade de absorção de água e a quantidade de taninos presente no concentrado, que apresentaram correlação inversa moderada, indicando que quanto maior a presença de taninos, possivelmente reduz-se a capacidade de absorção de água.

A quantidade de taninos presente no concentrado proteico apresentou fraca correlação inversa com os parâmetros de cor, massa e rendimento de concentrado proteico, massa de proteína no concentrado e rendimento de extração de proteína.

**Tabela 15** Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe armazenada durante 1 ano

	L	a	b	caa	cao	ptn_cp	ptn_res	massa_cp	rend_cp	massa_ptn_tor	massa_ptn_cp	rend_ext	Tan_cp
L	1,00												
A	<b>0,70*</b>	1,00											
B	<b>0,76*</b>	<b>0,98*</b>	1,00										
Caa	<b>-0,62*</b>	-0,42	-0,38	1,00									
Cao	-0,07	0,54	0,45	0,04	1,00								
ptn_cp	0,26	0,13	0,09	0,05	-0,08	1,00							
ptn_res	<b>-0,71*</b>	<b>-0,71*</b>	<b>-0,73*</b>	0,26	-0,06	-0,42	1,00						
massa_cp	-0,20	-0,17	-0,10	0,31	-0,04	-0,27	-0,03	1,00					
rend_cp	-0,20	-0,18	-0,11	0,32	-0,04	-0,25	-0,04	<b>1,00*</b>	1,00				
massa_ptn_tor	-0,02	0,11	0,13	-0,11	-0,05	-0,34	0,22	0,16	0,10	1,00			
massa_ptn_cp	-0,20	-0,22	-0,15	0,29	-0,09	-0,26	0,01	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	0,19	1,00		
rend_ext	-0,20	-0,23	-0,16	0,30	-0,09	-0,23	-0,01	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	0,12	<b>1,00*</b>	1,00	
Tan_cp	-0,14	-0,26	-0,22	0,32	-0,03	0,06	-0,17	<b>0,66*</b>	<b>0,70*</b>	<b>-0,63*</b>	<b>0,64*</b>	<b>0,70*</b>	1,00

**Notas:** \*p-valor  $\leq 0.05$ . Parâmetros de cor L\*, a\*, b\*; capacidade de absorção de água (caa); capacidade de absorção de óleo (cao); proteína no concentrado proteico (ptn\_cp); proteína no resíduo (ptn\_res); massa do concentrado proteico (massa cp); rendimento de concentrado proteico (rend cp); massa de proteína na torta (massa\_ptn\_tor), massa de proteína no concentrado proteico (massa\_ptn\_cp), rendimento de extração proteica (rend\_ext) e taninos no concentrado proteico (tan\_cp) de torta de crambe armazenada durante 1 ano.

Verifica-se na Tabela 15, que apresenta matriz de correlação para torta de crambe armazenada durante 1 ano, que os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) apresentaram correlação significativa entre ambos, com perfeita correlação (0,98) entre  $a^*$  e  $b^*$ .

A massa do concentrado apresentou forte correlação com o rendimento do concentrado, com a massa de proteína do concentrado, bem como com o rendimento de extração do concentrado. Todas as correlações foram estatisticamente significativas e indicam perfeita correlação positiva, sugerindo que se movem em perfeita proporção e direção.

A capacidade de absorção de água do concentrado proteico apresentou significativa correlação inversa (-0,62) com o parâmetro de cor  $L^*$ . Ainda, houve correlação inversa com os demais parâmetros de cor, no entanto, sem apresentar significância estatística.

O rendimento do concentrado proteico também apresentou forte correlação positiva com as variáveis massa de proteína do concentrado e rendimento de extração proteica. A correlação de 0,99 indica perfeita proporção entre as variáveis.

A capacidade de absorção de óleo está correlacionada, de forma moderada, com parâmetros de cor  $a^*$  e  $b^*$ . Com as demais variáveis, exceto capacidade de absorção de água, a correlação foi negativa.

O teor de proteína no concentrado apresentou baixa correlação com todas as variáveis. No entanto, o teor de proteína no resíduo apresentou forte correlação inversa significativa com os parâmetros de cor. Isso indica que as variáveis se movem em direções opostas, ou seja, o crescimento de um provoca a inibição de outro.

A quantidade de taninos presente no concentrado não apresentou correlação significativa com os parâmetros de cor, capacidade de absorção de água e óleo, teor de proteína no concentrado e no resíduo. Porém, houve correlação significativa negativa de ordem moderada (-0,63) com a massa de proteína presente na torta de crambe. A variável taninos ainda se correlacionou de forma positiva com a massa do concentrado proteico, rendimento de concentrado proteico, massa de proteína no concentrado e rendimento de extração proteica.



**Tabela 16** Matriz de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis para concentrado proteico de torta de crambe armazenada durante 3 anos

	L	a	b	caa	cao	ptn_cp	ptn_res	massa_cp	rend_cp	massa_ptn_tor	massa_ptn_cp	rend_ext	Tan_cp
L	1,00												
a	<b>0,64*</b>	1,00											
b	<b>0,60*</b>	<b>1,00*</b>	1,00										
caa	0,25	-0,24	-0,28	1,00									
cao	<b>0,68*</b>	0,44	0,42	0,18	1,00								
ptn_cp	<b>-0,65*</b>	<b>-0,70*</b>	<b>-0,67*</b>	-0,18	-0,48	1,00							
ptn_res	0,01	-0,05	-0,01	0,22	0,41	-0,06	1,00						
massa_cp	-0,16	0,02	0,02	0,41	0,04	-0,02	0,06	1,00					
rend_cp	-0,15	0,02	0,01	0,43	0,05	-0,03	0,06	<b>1,00*</b>	1,00				
massa_ptn_tor	-0,22	0,17	0,20	-0,48	-0,30	0,36	-0,01	-0,01	-0,05	1,00			
massa_ptn_cp	-0,18	0,01	0,01	0,43	-0,03	0,03	0,06	<b>0,99*</b>	<b>0,98*</b>	0,10	1,00		
rend_ext	-0,16	0,00	0,00	0,45	-0,01	0,01	0,06	<b>0,99*</b>	<b>0,99*</b>	0,05	<b>1,00*</b>	1,00	
Tan_cp	-0,09	0,02	0,01	0,42	0,18	-0,15	0,05	<b>0,93*</b>	<b>0,94*</b>	-0,33	<b>0,86*</b>	<b>0,88*</b>	1,00

**Notas:** \*p-valor  $\leq 0.05$ . Parâmetros de cor L\*, a\*, b\*; capacidade de absorção de água (caa); capacidade de absorção de óleo (cao); proteína no concentrado proteico (ptn\_cp); proteína no resíduo (ptn\_res); massa do concentrado proteico (massa cp); rendimento de concentrado proteico (rend cp); massa de proteína na torta (massa\_ptn\_tor), massa de proteína no concentrado proteico (massa\_ptn\_cp), rendimento de extração proteica (rend\_ext) e taninos no concentrado proteico (tan\_cp) de torta de crambe armazenada durante 3 anos.

A Tabela 16 indica correlação positiva perfeita entre os parâmetros de cor  $a^*$  e  $b^*$ . A correlação entre os parâmetros  $b^*$  e  $L^*$  e  $a^*$  e  $L^*$  ficou entre 0,60 e 0,64, o que representa uma correlação moderada.

O parâmetro  $L^*$  ainda apresentou moderada correlação (0,68) significativa com a capacidade de absorção de óleo do concentrado proteico. No entanto, a capacidade de absorção de óleo se correlacionou de forma fraca e moderada com as demais variáveis.

O teor de proteína no concentrado apresentou moderada correlação inversa significativa com os parâmetros de cor e não significativa com a capacidade de absorção de óleo. A correlação com as demais variáveis foi fraca. .

A massa do concentrado apresentou forte correlação com o rendimento do concentrado, com a massa de proteína do concentrado, bem como com o rendimento de extração do concentrado. Todas as correlações foram estatisticamente significativas e indicam perfeita correlação positiva, sugerindo que se movem em perfeita proporção e direção.

O conteúdo de taninos presente no concentrado proteico de torta de crambe armazenada durante 3 anos apresentou forte correlação positiva significativa com a massa de concentrado proteico, rendimento de concentrado proteico, massa de proteína no concentrado e rendimento de extração de proteína.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na etapa I, considerando a regulamentação estabelecida pela ANVISA, apenas pelo método de precipitação isoelétrica, com 75,65% de teor de proteína, obteve-se um produto caracterizado como concentrado proteico. Os métodos de extração alcoólica e solubilização de proteínas apresentaram pouco mais de 40% de teor de proteína.

A quantidade de taninos reduziu quando aplicado o método de extração alcoólica.

Na etapa II, o maior rendimento de extração de proteína ocorreu no concentrado proteico obtido de tortas sem armazenamento.

O teor de proteína, capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo dos concentrados reduziu ao longo do armazenamento das tortas.

Os concentrados obtidos apresentaram tendência à cor marrom e os parâmetros avaliados indicam escurecimento dos concentrados proteicos ao longo do armazenamento das tortas.

Houve aumento da quantidade de taninos ao longo do armazenamento das tortas. Porém, observou-se redução da quantidade de taninos nos concentrados proteicos de tortas armazenadas durante 1 e 3 anos.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L. SILVA-FILHO, J. C.; GODOI, A. R.; CARMO, C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v. 37, p. 260-268, 2008.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; PETERNELLI, L. A.; DA SILVA, M. T. C.; COSTA, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 3, p. 303-308, 2010.
- ALETOR, O. Comparative, nutritive and physicochemical evaluation of cassava (*Manihotesculenta*) leaf protein concentrate and fish meal. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 8, n. 2, p. 39- 43, 2010.
- ALETOR, O.; OSHODI, A. A.; IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. **Food Chemistry**, v. 78, p. 63-68, 2002.
- ALOBO, A. P. Proximate composition and selected functional properties of defatted papaya (*Carica papaya* L. ) kernel flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 58, n. 3 p. 1-7, 2003.
- ALONSO-SALCES, R.M.; GUYOT, S.; HERRERO, C.; BERRUETA, L.A.; DRILLEAU, J.F.; GALLO, B.; VICENTE, F. Chemometric classification of Basque and French ciders based on their total polyphenol contents and CIELab parameters. **Food Chemistry**, Daves, v. 91, n. 1, p. 91-98, 2005.
- AMARAL, L.; JAIGOBIND, J. S.; JAIGOBIND, A. G. A.; **Dossiê técnico: óleo de soja**; Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2006. 36 p.
- AMBRIZ, S. L. R.; AYALA, A. L. M.; MILLAN, F.; ORTIZ, G. D. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 60, n. 3, p. 99-107, 2005.
- AMZA, T.; AMADOU, I.; ZHU, K.; ZHOU, H. Effect of extraction and isolation on physicochemical and functional properties of an underutilized seed protein: Gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*). **Food Research International**, v. 44, p. 2843–2850, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Ministério da Saúde. Resolução nº 449. Aprova o regulamento técnico referente a alimentos para nutrição enteral. **Diário Oficial da União** – Brasília – DF, em 13 de setembro de 1999, <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 2 de outubro de 2018.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 5 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.
- ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236 p.

BADIFU, G. I. O.; AKUBOR, P. I. Influence of pH and sodium chloride on selected functional and physical properties of African breadfruit (*Treculia Africana* Decne) kernel flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 105-115, 2001.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS, M. O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 151-163, 1996

BASTOS, D. H. M.; SHIBAO, J.; FERREIRA, E. L.; BOMBO, A. J. Maillard reaction products in processed food. **Nutrire: Rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.**, v. 36, n. 3, p. 63-78, dez. 2011

BEAN, S. R.; IOERGER, B. P.; PARK, S. H.; SINGH, H. Interaction between sorghum protein extraction and precipitation conditions on yield, purity and composition of purified protein fractions. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 99-107, 2006.

BEJOSANO, F. P.; CORKE, H. Protein quality evaluation of Amaranthus whole meal flours and protein concentrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 100-106, 1998.

BELL, J. M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, p. 679-697, 1993.

BEZERRA, P. H. S. ; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, M. A. P.; SPEROTTO, F. C. S.; BRANDAO, F. J. B. Efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe, para produção de biodiesel. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu – SP, v. 30, n. 3, p. 310-318, 2015.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**. v. 155, p. 135 – 141. 2002.

BINDGALVÃO. **Prensa Extrusora**. Disponível em: <http://www.bindgalvao.com.br/> Acesso em: 23 de janeiro de 2019.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEGBE, S. QT analysis of yield traits in na advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild common bean ( *Phaseolus vulgaris* L. ) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, 2006.

BOIAGO, N. P. **Características químicas e fisiológicas de frutos de crambe cultivados com aplicação de reguladores vegetais**. 2017. 75 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

BORA, P. S.; QUEIROGA-NETO, V. Functionality of native and denatured cashew nut kernel protein isolates at isoelectric pH as a function of salt concentration. **Journal of the science of Food and Agriculture**. v. 84, n. 15, p. 2022–2027, 2004.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food Research International**, v. 43, p. 414-431, 2010.

BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. **Informativo ABRATES**, Londrina – PR, v. 11, n. 1, p. 10-15, 2001.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28p.

BRAS, P.; POSSENTI, R. A.; BUENO, M. B.; CANOVA, E. B.; SCHAMMAS, E. A. Avaliação nutricional de coprodutos da extração de óleos vegetais em dieta de ovinos. **B. Indústria Animal**, Nova Odessa – SP, v. 71, n. 2, p. 160-175, 2014.

BRIÃO, V. B.; FOLLMER, L.; SOUZA, M.; RODRIGURA, V. M. Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá – PR, v. 33, n. 1, p. 87-93, 2011.

BUTLER, L. G. Polyphenols and their effects on sorghum quality. In: International Symposium on Sorghum Grain Quality, Palancheru, 1981. **Proceedings**. Palancheru: ICRISAT, 1982. p. 294-311.

BUTLER, L. G.; RIEDL, D. J.; LEBRYK, D. G.; BLYTT, H. J. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v. 61, n. 5, p. 916-920, 1984.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, SP: CBNA, 2002. p. 141-142.

CALLE, R. M. R.; HERNANDEZ, J. S.; HERNANDEZ, Y. T. Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*. **Pastos y Forrajes**, v. 39, n. 1, p. 72-75, 2016.

CANOVA, E. B. **Torta de crambe (*crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, Nova Odessa – SP. 2012, 77p.

CARVALHO, A. V.; GARCIA, N. H. P.; FARFÁN, J. A.; WADA, J. K. A. Caracterização de concentrado e isolado proteico extraído de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 01-08, 2009.

CARVALHO, E. B. **Estudos da interação entre proteínas e taninos: Influência da presença de polissacarídeos**. 2007. 193 f. Tese (Doutorado em química) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: EdUnicamp, 2012.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Potencialidades das proteínas de folhas de mandioca. In: CEREDA, M. P. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, p. 683-693.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**. v. 79, n. 2, p. 592-597, 2007.

CHAVES, J. G. Extrato proteico das folhas de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte – MG, v. 13, n. 145, p. 47-52, 1987.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias: bioquímica, propiedades funcionales, valor nutritivo, modificaciones químicas**. Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.

COLDEBELLA, P. F.; GOMES, S. D.; EVARINI, J. A.; CEREDA, M.; COELHO, S. R. M. COBELDELLA, A. Evaluation of protein extraction methods to obtain protein concentrate from cassava leaf. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 33, n. 6, p. 1223-1233, 2013.

CORDERO-DE-LOS-SANTOS, M.; OSUNA-CASTRO, J.; BORODANENKO, A.; PAREDES-LÓPEZ. Physicochemical and functional characterization of amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates obtained by isoelectric precipitation and micellisation. **Food Science Technolgy International**, v. 11, n. 4, p. 269-280, 2005.

CUSTÓDIO, D.P.; BRANDSTETTER, E.V.; OLIVEIRA, I.P. de; OLIVEIRA, L.C.; SANTOS, K.J.G. dos; MACHADO, O.F.; ARAÚJO, A.A. de. Ração: alimento animal perecível. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v.1, p.131-147, 2005.

D' ALVISE, N.; LESUEUR-LAMBERT, C.; FERTIN, B.; DHULSTER, P.; GUILLOCHON, D. Hydrolysis and large scale ultrafiltration study of alfafa protein concentrate enzymatic hydrolysate. **Enzyme and microbial Technology**, v. 27, p. 286-294, 2000.

DAMODARAN, S. Amino acids, peptides and proteins. In: FENNEMA, O. R. (Ed). **Food Chemistry**. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 1996. Cap. 6, p. 321-429.

DAMODARAN, S.; PARAF, A. **Food proteins and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1997.

DELOUCHE, J. C.; MATTHES, R. K.; DOUGHERTY, G. M.; BOYD, A. H. Storage of seeds in tropical and subtropical regions. **Seed Science and Technology**, v. 21, n. 2, p. 671-700, 1973.

DELTA E. **A tecnologia da cor**. Disponível em: <http://www.deltae.com.br/deltae/o-que-significa-deltae>. Acesso em: 31 de janeiro de 2019.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004.

DEWAN, P.; KAUR, I.; CHATTOPADHYA, D.; FARIDI, M. M. A.; AGARWAL, K. N. A pilot study on the effects of curd (dahi) and leaf protein concentrate in children with protein energy malnutrition (PEM). **Indian Journal of Medical Research**, v. 126, n. 4, p. 199-203, 2007.

DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de concentrado proteico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 19, n. 3, p. 380-386, 1999.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 19, n. 3, p. 231–237, 2015.

EL NASRI, N. A.; EL TINAY, A. H. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. **Food Chemistry**, v. 103, p. 582-589, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2006. 412 p.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action**. São Carlos – SP: Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FASUYI, O. A.; ALETOR, V. A. Varietal composition and functional properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) leaf meal and leaf protein concentrates. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 1, p. 43-49, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. , **Química de alimentos de fennema**, Porto Alegre – RS: Artmed, 2010. 900 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, F. M.; SILVA A. R. B. Produtividade de grãos e teor de óleo da cultura do crambe sob diferentes sistemas de manejo de solo em Rondonópolis – MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia – GO, v. 7, n. 12, p. 1-11, 2011.
- FONSECA, F. C.; BROTTTO, M. C.; VECHIATTO, W. W. D.; COSTA, B. J.; ADÃO, D. C.; ZAGONEL, G. F.; MOREIRA, M. A. C.; LAURINDO, J. C.; SUCHEK, E. M. Biodiesel sazonal: a problemática do controle de qualidade. CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 6. Curitiba - PR, 2011. **Anais...** Curitiba – PR:
- FRANCO, F. W. **Armazenamento refrigerado, em atmosfera modificada e controlada na conservação das qualidades físico-químicas e sensoriais de cultivares de feijão carioca**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em ciências e tecnologia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- FUNDAÇÃO MS. Crambe (*Crambe abyssinica*) – cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel. **Boletim informativo**, Maracaju – MS, 2008.
- GAMEL, T. H.; LINSSEN, J. P.; MESALLAM, A. S.; DAMIR, A.; SHEKIB, L. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1095-1102, 2006.
- GASTALDI, G.; CAPRETTI, G.; FOCHER, B.; COSENTINO, C. Characterization and properties of cellulose isolated from the *Crambe abyssinica* hull. **Industrial Crops and Products**. v. 8, n. 3, p. 205-218, 1998.
- GLASER, L. K. **Crambe: An economic assessment of faseability of providing multipleperil crop insurance**. Economic Research Service of the Risk Management Agency. Federal Crop Insurance Corporation, 1996.
- GLÓRIA, M. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 20, n. 2, p. 240-245, 2000.
- GOES, R. H. T. B.; DE SOUZA, K. A.; PATUSSI, R. A.; CORNELIO, T. C.; DE OLIVEIRA, E. R.; BRABES, K. C. S. Degradabilidade in situ dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá – PR, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.
- GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.
- GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Aliemntos**, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.
- GREEN, M. S.; JUCHA, E. Association of serum-lipids with coffee, tea, and egg consumption in free-living subjects. **Journal Of Epidemiology And Community Health**, v. 40, n. 4, p; 324-329, 1986.



GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. Antinutritional compounds in the Brassicaceae: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 73, n. 1, p. 1-18, 1998.

HAGERMAN, A.E. Are dietary polyphenols available for bioactivity? **Polyphenols Actualités**, v. 21, p. 18-23, 2001.

HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. The Specificity of Proanthocyanidin-Protein Interactions. **Journal of Biological Chemistry** v. 256, n. 9, 4494-4497, 1981.

HÄKKINEN, S. H.; TÖRRÖNEN, A. R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, n. 6, p. 517–524, 2000.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. *In*: T. T. KOZLOWSKI (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. p. 145- 245.

HARTWIG, B.; KAMPF, D.; LEBZIEN, P. Feeding value of crambe press cake and extracted meal as well as production responses of growing-finishing pigs and dairy cows fed these by-products. **Archives of Animal Nutrition**, v. 59, n. 2, p. 111-122, 2005.

HASLAM, E. **Plant polyphenols-vegetable tannins revisited**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 240p.

HORWITZ, H. **Official method of analysis of the association of official agricultural chemists, As**. Agricultural Chemistry, Washington, p. 144, 1995.

HOWITZ, K. T.; BITTERMAN, K. J.; COHEN, H. Y.; LAMMING, D. W.; LAVU, S.; WOOD, J. G.; ZIPKIN, R. E.; CHUNG, P.; KISIELEWSKI, A.; ZHANG, L. L. SCHERER, B. SINCLAIR, D. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan. **Nature**, v. 425, n. 6954, p. 191-196, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Caracterização físico-química do óleo e do biodiesel de *crambe abyssinica* hochst. **Revista Nucleus**, Ituverava – SP, v. 10, n. 2, 2013.

KALUCKA, M. N; KORCZAK, J.; DRATWIA, M.; SZCZAPA, E. L; SIGER, A.; BUCHOWSKI, M. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. **Food Chemistry**, v. 93, p. 227-235, 2005.

KATO, C. G.; BRUGNARI, T.; CORREA, V. G.; GOMES, R. G.; SALEM, R. D. S. . Caracterização físico-química da torta de castanha-do-brasil (*bertholletia excelsa* h. b. k. ) obtido pelo método de prensagem para o aproveitamento tecnológico. **Revista Uningá Review**, MARINGÁ – PR, v. 25, n. 2, 2018.

KINSELLA, J. E.; DAMODARAN, S.; GERMAN, A. B. Physicochemical and functional properties of oilseed proteins with emphasis on soy proteins. *In*: ALTSCHUL, A. M.; WILCKE, H. L. (Ed. ). **New protein foods**. v. 5. 2 ed. Orlando: Academic Press, 1985. Cap. 5, p. 107-170.

KLIMCZAK, M.; MALECKA, M.; PACHOLEK, B. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. **Nahrung**, v. 46, n. 3, p. 184-186, 2002.

KNIGHTS, E. G. Crambe: A North Dakota case study. **Australian Society of Agronomy**, v. 2, n. 5, p. 25, 2002.

KROGDAHL, A.; PENN, M.; THORSEN, J.; REFSTIE, S.; BAKKE, A. M. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 333-344, 2010.

KUCUK, M.; CANER, C. Effect of packaging materials and storage conditions on sunflower oil quality. **Journal of Food Lipids**. v. 12, p. 222 -231. 2005.

L'HOCINE, L.; BOYE, Y. I.; ARCAND, Y. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 3, p. C137-C145, 2006.

LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. (Ed. ) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Gráfica Universitária - UFPEL, 2003, p. 369-418.

LALAS, S.; GORTZI, O.; ATHANASIADIS, V.; DOURTOGLOU, E.; DOURTOGLOU, V. Full characterisation of *Crambe abyssinica* Hochst. seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 89, p. 2253-2258, 2012.

LAWAL, O. S. Kosmotropes and chaotropes as they affect functionality of a protein isolate. **Food Chemistry**, v. 95, p. 101–107, 2006.

LAZZERI, L.; LEONI, O.; CONTE, L. S.; PALMIERI, S. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 3, n. 12, p. 103-112, out. 1994.

LEINMÜLLER, H. S.; KARL-HEINZ, M. Tannins in ruminant feedstuffs. **Animal Research and Development**, v. 33, p. 9-62, 1991.

LESSCHAEVE, I.; NOBLE, A. C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences **American Journal Of Clinical Nutrition**. v. 81, n. 1, p. 330-335, 2005.

LI, X.; AHLMAN, A.; LINDGREN, H.; ZHU, L. H. Highly efficient in vitro regeneration of the industrial oilseed crop *Crambe abyssinica*. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 170-175, 2011.

LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade**. 2013. 107 f. Tese (Doutorado em agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de nutrição**, Campinas – SP, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-276, 1951.

LUI, M. C. Y.; AGUIAR, C. L.; ALENCAR, S. M.; SCAMPARINI, A. R. P.; PARK, Y. K. Isoflavonas em isolados e concentrados protéicos de soja. **Ciência Tecnológica de Alimentos**. Campinas - SP, v. 23, supl., p. 206-212, 2003.

MAKRI, E.; PAPALAMPROU, E.; DOXASTAKIS, G. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 583-594, 2005.

MANGINO, M. E. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In: HETTIARACHCHY, N. S.; ZIEGLER, G. R. (Ed. ). **Protein functionality in food systems**. New York: Marcel Dekker, 1994.

MARCONE, M. F.; KAKUDA, Y. A. A comparative study of the functional properties of amaranth and soybean globulin isolates. **Nahrung**, v. 6, p. 368-373, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MEZZOMO, N. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 260-267, 2005.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L. ) e o alho (*Allium sativum*, L. ) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo - SP, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

MENDONÇA, B. P. C.; LANA, R. P.; DETMANN, E.; GOES, R. H. T. B.; CASTRO, T. R. Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte – MG, v. 67, n. 2, p. 583-590, 2015.

MESSENS, W.; VAN CAMP, J.; HUYGHEBAERT, A. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. **Trends in Food Science and Technology**, v. 8, p. 107-112, 1997.

MIZUBUTI, I. Y.; BINDO-JUNIOR, O.; SOUZA, L. W. O., SILVA, R. S. S. F.; IDA, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 3, p. 274-280, 2000.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; FRANCO, A. L. C.; SYPPERRECK, M. A.; DÓREA, J. R. R.; CUNHA, G. E.; CAPELARI, M. G. M.; MUNIZ, E. B. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 32, sup. 1, p. 2021-2028, 2011.

MODESTI, C. F.; CORRÊA, A. D.; OLIVEIRA, E. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Caracterização de concentrado proteico de folhas de mandioca obtido por precipitação com calor e ácido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 27, n. 3, p. 464-469, 2007.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAUJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MOSSE, J.; BAUDET, J. Crude protein content and aminoacid composition of seeds: variability and correlations. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 32, p. 225-245, 1983.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NUÑEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

MOURE, A.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJO, J. C. Functionality of oilseed protein products: A review. **Food Research International**, v. 39, p. 945–963, 2006.

NINFALI, P.; BACCHIOCCA, M. Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2222-2226, 2003.

NO, D. S.; ZHAO, T.; KIM, B. H.; CHOI, H. D.; KIM, I. H. Enrichment of erucic acid from crambe oil in a recirculated packed bed reactor via lipase-catalyzed ethanolysis. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 87, p. 6–10, 2013.

O'BRIEN, R. D.; **Fats and oils-formulating and processing for applications**. 2 ed., Flórida: CRC Press LLC, 2004.

O'CONNOR, T. P.; O'BRIEN, N. M. Lipid oxidation. *In*: FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Advanced dairy chemistry – lipids**. 3 ed. USA: Springer, 2006. p. 557-600.

OGUNWOLU, S. O.; HENSHAW, F. O.; MOCK, H. P.; SANTROS, A. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 852-858, 2009.

OLIVEIRA, K. M.; CASTRO, G. H. F.; HERCULANO, B. N.; MOURTHÉ, M. H. F.; SANTOS, R. A.; PIRES, A. V. Comportamento ingestivo de bovinos leiteiros alimentados com farelo de crambe. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte – MG, v. 68, n. 2, p. 439-447, 2016.

OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; DOLL, J. D.; BUNDY, L. G.; SCHULER, R. T. **Flax**. *In*: **Alternative field crops manual**. University of Wisconsin - Extension, Cooperative Extension, 1991.

ORDONEZ, J.; RODRIGUEZ, M.; ÁLVAREZ, L.; SANZ, M.; MINGUILLON, G.; PERALES, L.; CORTECERO, M. **Tecnología de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre - RS: Artmed, 2005. v. 2.

ORLIAC, O.; ROUILLY, A.; SILVESTRE, F.; RIGAL, L. Effects of various plasticizers on the mechanical properties, water resistance and aging of thermo-moulded films made from sunflower proteins, **Industrial Crops and Products**, v. 18, p. 91-100, 2003.

OTERO M. J.; HIDALGO L. G. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). **Livestock Research for Rural Development**, v. 16, n. 2, p. 1-9, 2004.

PEREIRA, N.; VIECELLI, C. A.; GAI, V. F.; BERDUSCO, V. M.; SANTOS, F. S. Aplicação da torta de crambe no desenvolvimento inicial de girassol. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel – PR, v. 3, n. 3, p. 74-81, 2014.

PEREZ, A. A. **Segmentação e quantificação em imagens coloridas de úlceras de perna**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, 2001.

PERICIN, D.; RADULOVIĆ, L.; TRIVIC, S.; DIMIC, E. Evaluation of solubility of pumpkin seed globulins by response surface method. **Journal of food Engineering**. v. 84, n. 4, p. 591–594, 2008.

PIRIE, N. W. **Leaf Protein and Its By-Products in Human and Animal Nutrition**. 2. ed. London: Cambridge. University Press, 1987.

- PITOL, C. **Cultura do crambe**. Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju – MS: Fundação MS, 2008.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju – MS: Fundação MS, 2010. 60 p.
- POLEDNA, R. C. R. **Como fazer biodiesel de óleo de girassol e de sebo de animal**. 5 p. 2005. Disponível em: < <http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt1257.pdf?>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.
- POMERANZ, Y.; MELOAN, C. E. **Food analysis: theory and practices**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 87-98.
- PORTO, P.; LARANJINHA, J. A. N.; FREITAS, V. A. P. Antioxidant protection of low density lipoprotein by procyanidins: structure/activity relationships. **Biochemical Pharmacology**, v. 66, n. 6, p. 947-954, 2003.
- PRICE, M. L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.
- RANGEL, A.; DOMONT, G. B.; PEDROSA, C.; FERREIRA, S. T. Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*) and cowpea protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5792-5797, 2003.
- RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. ). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.
- RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; MARTÍNEZ-AYALA, A. L.; MILLÁN, F.; DÁVILA-ORTIZ, G. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 60, p. 99-107, 2005.
- RODRÍGUEZ-DELGADO, M. A.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, G.; GONZÁLEZ, J. E. C.; TRUJILLO, J. P. P. **Food Chemistry**, v. 78, p. 523-532, 2002.
- ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. **Crambe é nova opção para biodiesel**. In: AGRIANUAL 2008. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.
- ROUILLY, A.; MÉRIAUX, A.; GENEAU, C.; SILVESTRE, F. RIGAL, L. Film extrusion of sunflower protein isolate. **Polymer Engineering and Science**, v. 46, p. 1635-1640, 2006.
- SAETAE, D.; SUNTORNSUK, W. Toxic compound, antinutritional factors and functional properties of protein isolated from detoxified *Jatropha curcas* seed cake. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, p. 66-77, 2011.
- SALGADO, P. R.; ORTIZ, S. E. M.; PETRUCCELLI, S.; MAURI, A. N. Biodegradable sunflower protein films naturally activated with antioxidant compounds. **Food Hydrocolloids**, v. 24, p. 525-533, 2010.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. **Dietary tannins: consequences and remedies**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 310 p.
- SANCHEZ, C. S.; CASTAÑEDA, J. G.; RODRÍGUEZ, A. L.; LA ROSA, A. P. B. Functional and rheological properties of amaranth albumins extracted from two mexican varieties. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, p. 169–174, 2004.

SÁNCHEZ-VIOQUE, R.; CLEMENTE, A.; VIOQUE, J.; BAUTISTA, J.; MILLÁN, F. Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. **Food Chemistry**, v. 64, p. 237-243, 1999.

SANTOS, J. I.; ROGERIO, F.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; DA SILVA, T. B.; BARBOSA, M. C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012.

SANTOS, K. A.; BARICATTI, R. A.; CARDOZO-FILHO, L.; SCHNEIDER, R.; PALÚ, F.; SILVA, C.; SILVA, E. A. Extraction of crambe seed oil using subcritical propane: Kinetics, characterization and modeling. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, p. 54-61, 2015.

SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 80, n. 7, p. 1094-1117, 2000.

SCHWENZFEIER, A.; WIERENGA, P. A.; GRUPPEN, H. Isolation and characterization of soluble protein from the green microalgae. *Tetraselmis* sp. **Bioresourch Technology**. v. 102, n. 19, p. 9121-9127, 2011.

SERAFINI, M, MAIANI, G E FERROLUZZI, A. Effect of ethanol on red wine tannin-protein (BSA) interactions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, n. 8, p. 3148-3151, 1997.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SHAMANTHAKA, M. C.; NARASINGA, M. S. Binding of chlorogenic acid by the isolated polyphenol-free 11S protein of sunflower (*Helianthus annuus*) seed. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 38, p. 2104-2110, 1990.

SILOCHI, R. M. H. Q.; COELHO, S. R. M.; BISCHOFF, T. Z.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V.; BASSINELLO, P. Z. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural Research**. v. 11, n. 24, pp. 2102-2111, 2016. .

SILVA, B. L. A.; DE AZEVEDO, C. C.; AZEVEDO, F. L. A. A. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v. 37, n. 1, p. 193-200, 2015.

SILVA, J. L.; GOMES, S. D.; COELHO, S. R. M.; EVARINI, J.; FERRI, P.; CEREDAS, M. P.; LUCAS, S. D. Obtenção de concentrado proteico de folhas e parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 33, n. 6, p. 2279-2288, 2012.

SILVA, T. R. B.; ROGERIO, F.; SANTOS, J. I.; POLETINE, J. P. GONÇALVES JUNIOR, A. C. Quantificação de óleo em sementes de crambe pelo método da calcinação em forno tipo mufla. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama – PR, v. 4, n. 1, p. 106-111, 2015.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLEZ-CASTANHEDA, J.; DE LEÓN-RODRÍGUEZ, A.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Functional and rheological properties of amaranth albumins extracted from two mexican varieties. **Plant Foods for human nutrition**, v. 59, p. 169-174, 2004.

SINGH, S. P.; SINGH, D. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, p. 200-216, 2010.

SMITH, A. K.; CIRCLE, S. J. **Soybeans: chemistry and technology**. Westport: Avi Publishing, 1972. 294 p.

SOARES, D. J.; TAVARES, T. M.; BRASIL, I. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 263-272, 2012.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas – SP, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOSULSKI, F. W. Organoleptic and nutritional effects of phenolic compounds on oilseed protein products: a review. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 56, p. 711-714, 1979.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

TEMPLE-HEALD, C., Rapeseed and canola oil: productions, processing, properties and uses. **Blackwell Publishing**, Oxford, p. 111–130. 2004.

TEO, C. R. P. A.; PRUDENCIO, S. H.; COELHO, S. R. M.; TEO, M. S. Obtenção e caracterização físico-química de concentrado proteico de folhas de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 9, p. 993–999, 2010.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia – GO, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas - RS, v. 28, n. 2, p. 26-33, 2006.

VALVERDE, I. M.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

WANG, Y. P.; TANG, J. S.; CHU, C. Q.; TIAN, J. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, v. 12, p. 47-52, 2000.

WARWICK S. I.; GUGEL R. K. Genetic variation in the *Crambe abyssinica* - *C. hispanica* – *C. glabrata* complex. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, p. 291-305, 2003.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Sales, 2005, 586 p.

WINTERS, A. L.; MINCHIN, F. Modification of the Lowry assay to measure proteins and phenols in covalently bound complexes. **Analytical Biochemistry**, v. 346, p. 43-48, 2005.

XU, L.; DIOSADY, L. L. Interactions between canola proteins and phenolic compounds in aqueous media. **Food Research International**, v. 33, p. 725-731, 2000.

YADAV, S. K.; SEHGAL, S. Effect of domestic processing and cooking on select antinutrient contents of some green leafy vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 58, p. 1-11, 2003.

YU, J.; AHMEDNA, M.; GOKTEPE, I. Peanut protein concentrate: production and functional properties as affected by processing. **Food Chemistry**, v. 103, n. 1, p. 121-129, 2007.

ZANETTI, F.; VAMERALIB, T; MOSCA, G. Yield and oil variability in modern varieties of high-erucic winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. oleifera) and Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) under reduced agricultural inputs. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 265–270, 2009.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas – RS, v. 33, n. 4, p. 724-734, 2011.