

Análise das proteínas e estudo reológico dos isolados proteicos das amêndoas da faveleira (*Cnidosc ulus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) com e sem espinhos

Analysis on rheological properties of proteins isolated from nuts from *faveleira* trees (*Cnidosc ulus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) with and without thorns

RIALA6/1284

Mônica Tejo CAVALCANTI^{1*}, Pushkar Singh BORA²

Endereço para correspondência: ^{1}Departamento de Pós-graduação de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande. Rua Clementino Siqueira, 635C, Jardim Tavares. Campina Grande, PB – Brasil - CEP 58402-070. Tel. (83) 3334-1267 / 9969-5537. e-mail: monicatejoc@yahoo.com.br

²Departamento de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. CEP - 58059-900. Tel.: (83) 3216-7269. Campus Universitário I, João Pessoa, PB - Brasil

Recebido: 13.08.2009 – Aceito para publicação: 27.04.2010

RESUMO

A faveleira possui amêndoas com potencial em óleos e proteínas alimentares e é encontrada no Nordeste brasileiro, principalmente nas regiões do sertão e caatinga. As proteínas contidas nas amêndoas das variedades da faveleira com (FCE) e sem (FSE) espinhos foram isoladas, classificadas e estudadas quanto à viscosidade para o seu possível uso como alternativo ingrediente alimentar. As sementes de ambas variedades apresentaram elevadas concentrações proteicas com, respectivamente, 26,20% e 30,70%. Quando desengorduradas, estas passaram a 57,55 e 63,00%. A fração de globulina apresentou-se mais expressiva (63,37 e 63,91%). O isolado proteico apresentou teores de proteínas solúveis de 81,08% e 90,02%. Quando analisadas por eletroforese, apareceram quatro subunidades na faixa de PM de 40,8 a 20,2 kDa para a amêndoa da FCE e sete subunidades na faixa de 60,5 a 21,1 kDa para a da FSE. Quando à viscosidade, foram analisadas as concentrações de 1, 3, 5 e 7% de isolado proteico e observou-se uma relação de dependência positiva da viscosidade com a concentração de proteína. O isolado proteico da FSE mostrou maior viscosidade que a de FCE. Como a faveleira possui alto teor de proteína, independentemente da sua variedade, sugere-se a sua possível utilização como ingrediente em formulações alimentícias.

Palavras-chave. faveleira, classificação proteica, isolado proteico, eletroforese, viscosidade.

ABSTRACT

Faveleira grows throughout the *caatinga* biosphere in the Brazilian Northeast region. Its nuts contain potential nourishing oils and proteins. The proteins in nuts from *faveleira* with (FWT) and without thorns (FWOT) were classified, and the proteins viscosity was analyzed at different conditions and concentrations; also its use as an alternative food ingredient was evaluated. The nuts from both varieties of *faveleira* showed an elevated protein concentration of 26.2 and 30.70%, respectively; after removing the fat matter, the proteins contents turned 57.5 and 63.0%, respectively. The protein classification according to its solubility was performed in defatted nuts, and the globulin fraction exhibited meaningful concentrations (63.3 and 63.9%, respectively). The nut of both *faveleira* varieties showed 81.0 and 90.0% of soluble proteins, respectively. By electrophoresis, the nuts from FWT showed four protein sub-units with MW ranging from 20.2 to 40.8 kDa, and seven protein sub-units ranging from 21.1 to 60.5 kDa in nuts from FWOT. Protein solutions at 1, 3, 5 e 7% were analyzed on viscosity, and a positive dependence correlation between viscosity and protein concentration was observed. The proteins in nuts from FWT showed higher viscosity than those from FWOT. Owing to the high protein concentration, the *faveleira*'s nuts might be used in food formulas.

Key words. *faveleira*, protein classification, protein isolate, electrophoresis, viscosity.

INTRODUÇÃO

As proteínas vegetais devem ganhar bastante espaço em alimentos, desde que apresentadas aos consumidores em formas mais atraentes com relação ao gosto, sabor, textura e outras qualidades desejadas. Para isso existe a necessidade do conhecimento de propriedades não-nutricionais que influem no comportamento durante o processamento, estocagem e preparação de ingredientes alimentares, influenciando na aceitação e no consumo do produto final¹.

As proteínas de sementes vegetais têm sido classificadas, de acordo com a sua solubilidade², em albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas. Com essa classificação, tem-se uma ideia da composição de aminoácidos que as sementes vegetais possuem. As albuminas são ricas em aminoácidos cisteína, glutamina e arginina³. Já as globulinas são caracterizadas pelos altos níveis de arginina, glutamina e asparagina. No entanto, elas são pobres em aminoácidos sulfurados como metionina e cisteína⁴.

As prolaminas são encontradas em cereais e possuem alto teor de prolina. As glutelinas, ricas em prolina e glutamina, são exemplos típicos a glutelina do trigo e do arroz⁵.

Parâmetros reológicos são índices de mudanças estruturais que ocorrem ou podem ocorrer em proteínas como resultado de processamento. São importantes em produtos alimentares como sopas e molhos. Isso pode ser desejado nas propriedades reológicas e de textura dos produtos finais. A viscosidade está relacionada aos atributos de qualidade, como aparência física e, ao paladar de produtos alimentares.

A faveleira, *Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm., pertencente à família *Euphorbiaceae*, é uma planta arbórea, com tronco curto e ramificado desde a base, mais ou menos cilíndrico e com casca fina e lenticelada. Possui raízes tuberculadas e suas folhas são longas, grossas e lanceoladas. Suas flores são alvas, hermafroditas e se apresentam em pequenos cachos axilares e terminais⁶.

O fruto é uma cápsula tricoca esquisocárpica, com superfície recoberta totalmente ou parcialmente por pêlos urticantes. As suas sementes são ovoides, rígidas e lisas, cor cinzento-pardacentas, apresentando alguma semelhança com os frutos da mamona (*Ricinus communis*)⁷. As suas amêndoas (endosperma + embrião) são ricas em óleo comestível e proteínas.

A faveleira possui abundantes espinhos causticantes, o que constitui um enorme empecilho a exploração, pois sua picada

causa sensação desagradável às pessoas que, indevidamente, tocam as suas extremidades pontiagudas⁷. Entretanto, são encontrados exemplares inermes (sem espinhos) em populações nativas de faveleira, porém com uma menor frequência⁸.

Através do melhoramento genético, a partir dos poucos indivíduos inermes existentes, é possível aumentar a frequência gênica para este caráter⁹. De modo particular, como forrageira, o uso de plantas sem espinhos no lugar da faveleira com espinhos é recomendado por diminuir os riscos de ferimentos e permitir uma melhor circulação de animais e de seus tratadores próximos à planta⁹.

A faveleira é encontrada em todos os estados do nordeste brasileiro até o norte de Minas Gerais, principalmente nas regiões do sertão e caatinga¹⁰. Ela se destaca, no meio das outras plantas da caatinga, pela sua extraordinária resistência à seca, prestando-se ao reflorestamento de vastas extensões erodidas⁶.

A grande importância da faveleira reside nas suas sementes, que apresentam em média 60% de amêndoas, que são consumidas pela população *in natura*, ou macerada em pilão e misturada com farinha de mandioca, açúcar ou rapadura, usada pura ou na fabricação de cocadas, bolos e biscoitos de alta qualidade nutricional.

Morais¹¹, estudando as amêndoas da faveleira nativa com espinhos, observou a ausência de fitohemaglutinina, inibidor de tripsina e alergenicos, que são elementos tóxicos de natureza proteica. Também, analisando seus aminoácidos, observou que a faveleira possui todos os aminoácidos essenciais com concentrações próximas ou superiores aos níveis recomendados pela FAO¹².

Na literatura ainda não se tem relatos de estudos para o aproveitamento da faveleira como alternativa alimentar na indústria de alimentos, tornando-a subaproveitada na sua região de origem. Com este estudo poderemos avaliar o seu potencial de aproveitamento e contribuir para a preservação de espécies vegetais nativas da região do semiárido do Nordeste brasileiro, além de levar benefícios diretos à população da região.

O presente trabalho tem como objetivo classificar as proteínas contidas nas amêndoas das variedades da faveleira com e sem espinhos, isolar as proteínas e estudar sua viscosidade em diferentes condições e concentrações, para que se possa avaliar seu possível uso como alternativa alimentar na indústria de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes da faveleira (*Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) das variedades com e sem

espinhos utilizadas neste trabalho foram colhidas no município de Santa Luzia, estado da Paraíba, Brasil, e transportadas ao Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba.

Uma alíquota das sementes foi triturada em liquidificador doméstico para obtenção da farinha das sementes. As sementes da faveleira foram quebradas para obtenção de suas amêndoas. As amêndoas foram trituradas em liquidificador doméstico e desengorduradas com hexano por 7 horas em aparelho de soxhlet (sistema para determinação de gordura modelo - TE-044-5/50, marca Tecnal, São Paulo, Brasil) para obtenção da farinha desengordurada das amêndoas.

Componentes Centesimais

A composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, proteínas) da farinha das sementes *in natura* da faveleira foi determinada conforme os procedimentos analíticos da A.O.A.C.¹³ e o conteúdo de carboidrato total foi calculado por diferença de 100 com a soma dos percentuais dos demais componentes da composição centesimal.

Classificação das Proteínas

A classificação dos tipos de proteínas existentes nas amêndoas da faveleira foi realizada de acordo com o método de Osborne², descrito na Figura 1. Os volumes dos sobrenadantes de cada extração foram medidos e o teor de proteínas solúveis determinado por Biureto¹⁴.

Obtenção do Isolado Proteico

Na Figura 2 está descrito o fluxograma do processo de obtenção do isolado proteico da farinha da faveleira. O isolado proteico da amêndoas foi adquirido a partir da farinha desengordurada, onde se adicionou água destilada na proporção de 1:20, agitou-se por 2 horas e seu pH foi ajustado a 10,5 com hidróxido de sódio 1,0M. O extrato obtido foi centrifugado (centrifuga MLW, modelo K 26 D, marca Fanem, São Paulo, Brasil) e o resíduo extraído por mais duas vezes nas mesmas condições¹⁵. Os sobrenadantes foram combinados, medindo-se concentração de proteína solúvel pelo método do biureto¹⁴. Em seguida ajustou-se o pH a 4,5 com ácido clorídrico 1,0M. Após precipitação,

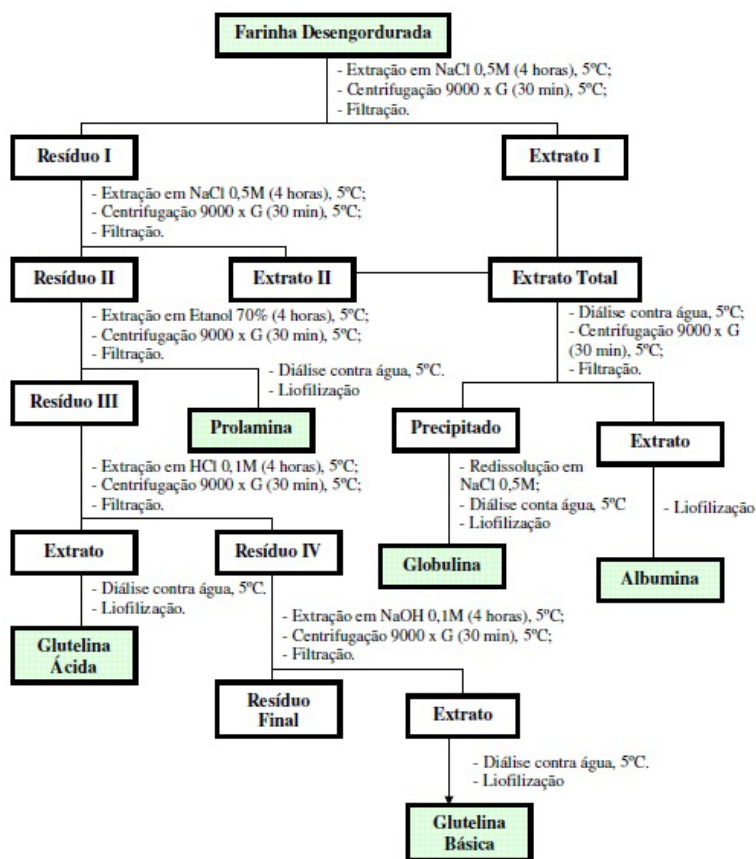


Figura 1. Fluxograma da classificação das proteínas

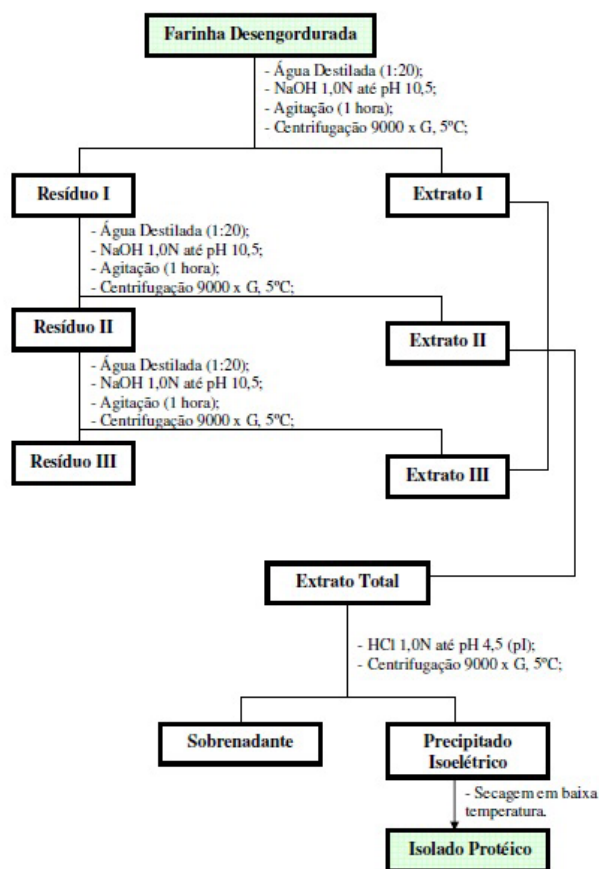


Figura 2. Fluxograma de obtenção do isolado proteico das variedades da faveleira em pH de extração de 10,0 e pH de precipitação de 4,5

o extrato total foi centrifugado. As proteínas precipitadas isoeletricamente foram liofilizadas e então armazenadas em vidro sob refrigeração a 5°C.

Análise Eletroforética

A análise eletroforética foi realizada no isolado proteico das variedades da faveleira, onde utilizou-se o sistema PAGE-SDS-2 β Me, descrito por Laemmli¹⁶, adaptado para o uso de géis de separação em placas (13,8 x 7,9 x 0,75 cm) (Mini-PROTEAN[®] 3 Cell, BIORAD Co, Califórnia, EUA). O gel de aplicação, contendo 3,5% de poliacrilamida, foi montado em tampão Tris-HCl 0,5 M, pH 6,8 e SDS a 1,0% (p/v). O gel de separação, com gradiente de 12,5% de poliacrilamida, foi montado em tampão Tris-HCl 3,0 M, pH 8,9, contendo SDS a 1,0%. As amostras submetidas à eletroforese foram suspensas em tampão amostra composto de 0,35 mL de água Milli-Q, 0,125 mL de Tris-HCl 0,5 M (pH 6,8), 0,2 mL de SDS a 1,0% (p/v), 0,25 mL de glicerol, 0,02 mL de azul de bromofenol a 0,5% (p/v) e 0,05 mL de 2 β -Mercaptoetanol (2 β -Me).

As amostras, 1,0 mg/mL de tampão, foram tratadas a 100°C por 10 minutos e centrifugadas em centrífuga Eppendorf a 5.000 rpm por 1 minuto. Os extratos foram separados e alíquotas de 10 μ l aplicadas nos poços do gel. A corrida eletroforética foi realizada à voltagem constante de 200 V. Após a eletroforese, o gel foi corado em Coomassie blue R-250 a 0,05% preparado em metanol, ácido acético e água (1:3,5:8, v/v/v), e o descoramento do gel e visualização das unidades proteicas com metanol, ácido acético e água (1:3,5:8, v/v/v).

Para avaliar o peso molecular das unidades proteicas separadas, o gel foi calibrado com marcador proteico contendo 13 proteínas de pesos moleculares 205, 116, 97,4, 84, 66, 55, 45, 36, 29, 24, 20,1, 14,2 e 6,5 kDa (SigmaMarker[™] MW Wide Range).

O gel corado foi fotografado em scanner e a imagem obtida processada através do software *Scion Image* (Scion Corporation for Windows, Washington, EUA). O resultado foi expresso em gráfico com picos em série, sendo cada pico correspondente a uma subunidade proteica separada. O número de gráficos dispostos no

espaço cartesiano dos eixos X (distância) e Y (densidade ótica) corresponderam ao número de produtos aplicados no gel. A distância de cada pico nas amostras foi usada para obter o peso molecular a partir da calibração com padrões de pesos moleculares 116, 97,4, 66, 36, 29, 24 e 20 kDa. Já a área referente aos picos foi usada para obter o conteúdo relativo de cada subunidade proteica na mistura de proteínas revelada no gel.

Análise da Viscosidade

A viscosidade do isolado proteico das variedades da faveleira foi determinada através do método de Dua, Mahajan e Mahajan¹⁷. Foram preparadas soluções do isolado nas concentrações de 1, 3, 5 e 7% (m/v) solubilizadas em tampão fosfato de potássio 0,05M em pH 7,2 por 30 minutos, como também solubilizadas com tampão fosfato de potássio adicionado de cloreto de sódio a 0,5M. A medida da viscosidade foi feita usando um aparelho viscosímetro (AVS 350 – Schott, Texas, USA) contendo um suporte (Schott Gerate GmbH D65719 Hctheim a.ts. tipo AVSIS, Texas, USA), acoplado a um banho-maria (Schott CT52, Texas, USA), utilizando um capilar nº 520 com diâmetro 13 a 25°C e após aquecimento (80°C) por 15 minutos da solução proteica, seguido de resfriamento até temperatura de 25°C. O teor de proteínas solúveis foi determinado em cada concentração de isolado proteico pelo método de biureto¹⁴.

Análise Estatística

Os resultados das análises da composição centesimal e viscosidade foram submetidos à análise estatística denominada “*t* de Student”, considerando-se o nível de probabilidade de erro (*p*) menor que 5% para determinar a significância. Todas as demais análises foram realizadas com média de três repetições (\pm erro padrão) e os resultados foram analisados empregando o programa estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences for Windows, versão 11.0, Chicago, EUA)¹⁸.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A faveleira, por ser uma semente oleaginosa, apresenta elevado conteúdo de lipídio, que quando extraído da semente deixa um resíduo denominado “torta” ou “farelo” com elevado teor de proteínas. A Tabela 1 apresenta o resultado da composição centesimal da farinha das sementes *in natura* das variedades da faveleira.

Tabela 1. Composição centesimal da farinha *in natura* das sementes da faveleira com (FCE) e sem espinhos (FSE)

Componentes Centesimais (%)	Amostras	
	Faveleira Com Espinhos (FCE)	Faveleira Sem Espinhos (FSE)
Umidade	7,6 \pm 0,02 ^a	5,1 \pm 0,09 ^b
Proteína (N x 6,25)	26,2 \pm 0,07 ^a	30,7 \pm 0,06 ^b
Lipídio	22,1 \pm 0,18 ^a	26,5 \pm 0,27 ^b
Cinza	4,4 \pm 0,06 ^a	5,8 \pm 0,07 ^b
Carboidrato*	39,7	31,9

* Carboidratos por diferença (100 menos o somatório dos outros componentes). Resultados das análises com média de seis repetições (\pm desvio padrão). Letras diferentes (na mesma linha) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de *t*-student

Dos componentes determinados experimentalmente, as frações lipídica e proteica constituíram os componentes majoritários, evidenciando a faveleira como uma oleaginosa típica. As sementes das variedades da faveleira com e sem espinhos apresentaram-se estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em todos os componentes determinados experimentalmente como mostra a Tabela 1.

Morais¹¹, trabalhando com a semente da faveleira com espinhos, obteve valores superiores em proteínas (34,5%), lipídio (49,9%) e inferior em carboidratos (10,5%). Moura Fé et al¹⁹ compararam a composição química das sementes das duas variedades, com e sem espinhos, e obtiveram valores, respectivamente, de 8,85 e 5,30% para umidade, proteína 22,4 e 24,1%, lipídio 31,3 e 31,0%, cinza 3,7 e 4,2% e carboidratos totais 34,1 e 35,4%. Os valores foram superiores em umidade da faveleira com espinhos e carboidratos totais e inferiores em proteínas, lipídios e cinzas para as duas variedades.

Os resultados das frações proteicas obtidas a partir da farinha desengordurada das amêndoas da faveleira com e sem espinhos, de acordo com sua solubilidade, estão apresentadas na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2 que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as frações proteicas das variedades da faveleira, e a fração proteica mais expressiva foi a globulina, seguindo o perfil de proteínas de reserva vegetal.

Tabela 2. Teor de proteínas das frações proteicas das variedades de faveleira de acordo com sua solubilidade em água, solução salina, álcool e solução ácida e básica diluídas

Fração Proteica Teor de Proteína	Amostras (%)	
	Faveleira com espinhos (FCE)	Faveleira sem espinhos (FSE)
Albumina	16,46±0,35 ^a	16,05±0,33 ^a
Globulina	63,37±0,34 ^a	63,91±0,20 ^a
Prolamina	1,23±0,14 ^a	1,27±0,05 ^a
Glutelina	11,67±0,40 ^a	11,34±0,11 ^a
Resíduo	7,27	7,43

Resultado das análises com média de três repetições (\pm desvio padrão). *Porcentagem em relação ao teor total de proteína na farinha desengordurada. Letras diferentes (na mesma linha) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de *t-student*

Alguns pesquisadores, estudando proteínas de oleaginosas, observaram que a fração globulínica foi majoritária entre as outras frações proteicas, a exemplo de Lourenço²⁰ estudando as sementes de canola (variedade *Hyola 601*), que obteve valores de 32,16% de globulina e Ramos e Bora²¹ para a castanha-do-pará, que obteve 72,99% de globulina.

As farinhas desengorduradas das amêndoas das variedades da faveleira com e sem espinhos apresentaram teores de proteínas (N x 6,25) de respectivamente, 57,55% e 63,00% e os teores de proteínas solúveis nos isolados proteicos foram de 81,08% \pm 1,24 para a variedade com espinhos e de 90,02% \pm 1,07 para a variedade sem espinhos.

A Figura 3 representa o perfil eletroforético no sistema PAGE-SDS-2 β Me das proteínas presentes nos isolados proteicos das variedades de faveleira com e sem espinhos (Faixas 3 e 4, respectivamente). A Faixa 1 representa o marcador de peso molecular.

As bandas de polipeptídios reveladas, mais e menos proeminentes, de todos os produtos também são indicadas através da Figura 4, relacionadas à análise densitométrica, onde os picos representam as subunidades proteicas separadas.

Na Figura 3 observa-se que o isolado proteico das amêndoas da faveleira com espinhos apresentou um total de 4 subunidades na faixa de peso molecular de 40,8 a 20,2 kDa. As subunidades proeminentes

apresentaram pesos moleculares de 40,8 (28,4%), 37,8 (49,0%) e 23,5 (18,0%) kDa, e a subunidade de peso 20,2 (4,5%) kDa foram reveladas sem proeminência. No isolado proteico das amêndoas da faveleira sem espinhos, o total de bandas foi maior que o isolado proteico da faveleira com espinhos, pois apresentou 7 subunidades na faixa de 60,5 a 21,1 kDa. As subunidades 40,8 (21,4%), 39,2 (15,9%), 38,4 (26,1%) e 23,5 (18,3%) foram as mais proeminentes, e as de peso molecular 60,5 (7,7%), 30,6 (5,4%) e 21,1 (5,1%) se apresentaram menos proeminentes. A subunidade de peso molecular de 60,5 kDa só aparece na faixa do isolado proteico da faveleira sem espinhos (7,7%), o que pode ser uma proteína diferente entre as duas variedades de faveleira. Como também outras faixas que aparecem com maior proeminência nesse isolado.

A análise densitométrica que mostra os pesos moleculares e índices percentuais das unidades polipeptídicas reveladas estão representados na Tabela 3.

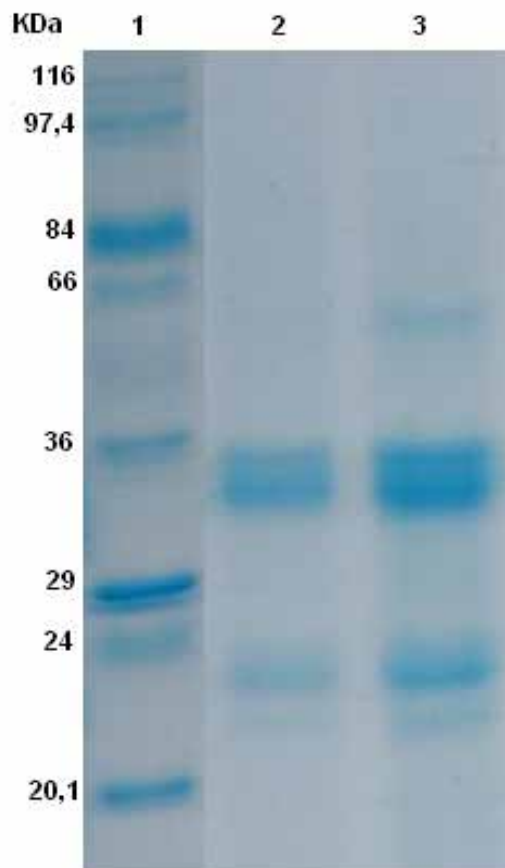


Figura 3. Eletroforese em gel de poliacrilamida, em presença de SDS e 2 β Me, do marcador padrão (Faixa 1) e dos isolados proteicos das amêndoas da faveleira com (Faixa 2) e sem espinhos (Faixa 3)

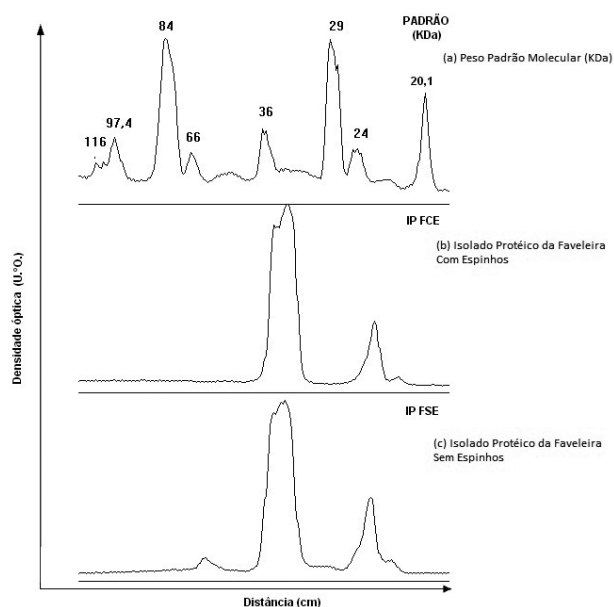


Figura 4. Análise densitométrica da eletroforese em gel de poli-acrilamida, em presença de SDS e 2βMe, dos isolados proteicos de amêndoas da faveleira com (b) e sem espinhos (c)

Tabela 3. Unidades polipeptídicas reveladas (kDa) nos isolados proteicos das amêndoas de faveleira com espinhos (FCE) e faveleira sem espinhos (FSE)

Unidades Reveladas (kDa)	Distribuição e Conteúdo revelado (%)	
	Isolado proteico (FCE)	Isolado proteico (FSE)
60,5	-	7,7
40,8	28,4	21,4
39,2	-	15,9
38,4	-	26,1
37,8	49,0	-
30,6	-	5,4
23,5	18,0	18,3
21,1	-	5,1
20,2	4,5	-

Observa-se na Tabela 3 que os isolados proteicos apresentaram subunidades proteicas em comum, devido à solubilidade semelhante em algumas faixas, indicando que as subunidades reveladas foram extraídas e que as proteínas podem estar sob formas moleculares diferentes.

Os isolados proteicos das variedades da faveleira foram testados quanto sua solubilidade, em diferentes

concentrações, em tampão fosfato de potássio a 0,05M e em cloreto de sódio a 0,5M, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Teor de proteína no isolado proteico da amêndoa de faveleira com e sem espinhos solubilizados em tampão fosfato de potássio e acrescentado cloreto de sódio

Concentração do Isolado Proteico % (m/v)	Faveleira Com Espinhos (FCE)		Faveleira Sem Espinhos (FSE)	
	Tampão (mg de proteína/mL)	Cloreto de sódio (mg de proteína/mL)	Tampão (mg de proteína/mL)	Cloreto de sódio (mg de proteína/mL)
1	1,43	1,88	1,22	2,31
3	1,72	2,31	3,24	5,42
5	2,57	3,58	5,95	9,46
7	3,56	5,15	7,44	13,16

Segundo a Tabela 4, tanto o isolado proteico da faveleira com espinhos, como o isolado da variedade sem espinhos, apresentaram maior concentração de proteína por mL de solução nas soluções que contêm cloreto de sódio. Isto se deve à maior solubilidade das proteínas em baixas concentrações de sais (baixa força iônica), onde a solubilidade em geral aumenta, porque os íons salinos em baixa concentração tendem a se associar às proteínas, contribuindo para uma maior hidratação e/ou repulsão das moléculas de proteína chamada de *salting in*.

As viscosidades relativas de diferentes concentrações dos isolados proteicos das variedades da faveleira, solubilizadas em tampão fosfato de potássio, acrescentando cloreto de sódio à solução, estão descritas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Viscosidade relativa do isolado proteico das variedades da faveleira com e sem espinhos solubilizado em tampão fosfato de potássio

Concentração do isolado proteico % (m/v)	Viscosidade Relativa (mm ² /s)			
	Temperatura			
	Ambiente (25°C)	Após Aquecimento (80°C)	Ambiente (25°C)	Após Aquecimento (80°C)
	Faveleira com espinhos (FCE)		Faveleira sem espinhos (FSE)	
1	1,01±0,01 ^a	1,02±0,001 ^a	1,09±0,03 ^b	1,10±0,03 ^c
3	1,04±0,05 ^a	1,05±0,06 ^a	1,11±0,01 ^b	1,12±0,02 ^c
5	1,08±0,01 ^a	1,09±0,01 ^b	1,20±0,02 ^c	1,22±0,02 ^d
7	1,25±0,37 ^a	1,27±0,03 ^a	1,26±0,02 ^b	1,29±0,03 ^c

Resultados das análises com média de três repetições (± erro padrão). Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa (p<0,05) segundo o teste de *t-student*

Tabela 6. Viscosidade relativa do isolado proteico das amêndoas da faveleira com e sem espinhos solubilizado em tampão fosfato de potássio e acrescentando cloreto de sódio a solução

Concentração do isolado proteico % (m/v)	Viscosidade Relativa (mm ² /s)			
	Temperatura			
	Ambiente (25°C)	Após Aquecimento (80°C)	Ambiente (25°C)	Após Aquecimento (80°C)
	Faveleira com espinhos (FCE)		Faveleira sem espinhos (FSE)	
1	1,01 ± 0,14 ^a	1,02 ± 0,01 ^b	1,09 ± 0,05 ^c	1,11 ± 0,01 ^d
3	1,07 ± 0,01 ^a	1,08 ± 0,01 ^b	1,08 ± 0,01 ^c	1,10 ± 0,10 ^d
5	1,07 ± 0,01 ^a	1,08 ± 0,01 ^b	1,28 ± 0,01 ^c	1,29 ± 0,01 ^d
7	1,27 ± 0,04 ^a	1,29 ± 0,02 ^a	1,29 ± 0,01 ^b	1,30 ± 0,02 ^c

Resultados das análises com média de três repetições (\pm erro padrão). Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) segundo o teste de *t-student*

O tampão fosfato de potássio apresentou viscosidade de 1,01 mm²/s (\pm 0,002), e a água destilada 0,98 mm²/s (\pm 0,004). Observou-se uma variação na viscosidade relativa dos isolados proteicos estudados com aumento de até 0,30 mm²/s a temperatura ambiente e após aquecimento a 80°C.

Comparando as variedades da faveleira, o isolado proteico da faveleira sem espinhos obteve maior viscosidade relativa em tampão fosfato, sendo diferente estatisticamente ($p > 0,05$) em todas as concentrações estudadas tanto a temperatura ambiente quanto após aquecimento a 80°C. O isolado proteico da variedade com espinho não apresentou diferença ($p > 0,05$) nas concentrações de 1, 3 e 7%. Quando o cloreto de sódio foi acrescentado à solução, observou-se um aumento da viscosidade em todas as concentrações de proteínas.

O aumento da viscosidade após o aquecimento da solução pode ser explicado pelas mudanças conformacionais da molécula de proteína seguida pela sua desnaturação após tratamento térmico.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ramos & Bora²¹, que analisando a viscosidade relativa da globulina da castanha-do-pará, nas mesmas condições, observaram que, nas concentrações de 1, 3 e 5% de globulina, a viscosidade relativa variou com o aumento da concentração da solução de proteína e com o aquecimento da solução. Sze-Tao e Sathe²², analisando a viscosidade da soja, também encontraram uma relação de dependência positiva da viscosidade com a concentração da solução de proteína.

CONCLUSÃO

As frações lipídica e proteica constituíram os componentes majoritários nas sementes das variedades da faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) com e sem espinhos. Suas proteínas apresentaram a fração globulínica como a mais expressiva, seguindo o perfil de proteínas de reserva vegetal. Os isolados proteicos apresentaram bom rendimento de extração nas duas variedades e apresentaram relação de dependência positiva entre a viscosidade e as concentrações de proteínas, sugerindo sua possível utilização como ingrediente em formulações alimentícias.

REFERÊNCIAS

1. El Nasri NA, El Tinay AH. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*. 2007;103:582-9.
2. Osborne TB. *The vegetable proteins*, 2nd ed. London: Longman-Green; 1924.
3. Bartolomé B, Mendez JD, Armentia A, Vallverd A, Palacios R. Allergens from Brazil nut: immunochemical characterization. *Allergol Immunopathol*. 1997;25:135-44.
4. Higgins TSV. Synthesis and regulation of major protein in seeds. *Ann Review Plant Physiology*. 1994;35:191-21.
5. Shewry PR, Tatham AS. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *J Bioch*. 1990;267:1-12.
6. Duque JG. *O Nordeste e as lavouras xerófilas*. 3^a ed., Mossoró- RN: ESAM – Fundação Guimarães Duque, Vol. CXLIII; 1980.
7. Braga R. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. 2^a Ed. Imprensa Oficial do Ceará. v. VIII; 1960.
8. Moreira JAN, Silva FP, Costa JTA, Kokay L. Ocorrência de faveleira sem espinho no Estado do Ceará, Brasil. *Ciência Agronômica, Fortaleza-CE*. 1974;4:51-5.
9. Arriel EF, Bakke AO, Silva APB. Estimativa da herdabilidade em jurema-preta (*Mimosa hostilis*) para a característica acúleos. *In: 41º Congresso Nacional de Genética; Caxambu/MG. Rev Bras de Genética*. 1995;18:129.
10. Lorenzi H. *Arvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 1998.
11. Moraes EA. *Proteínas da Semente de Favela (Cnidosculus phyllacanthus, Pax & K. Hoffm) [dissertação de mestrado]*. Fortaleza (CE): Universidade Federal do Ceará; 1978.

12. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Statistical Data base 2006. Disponível em: www.fao.org/. Acesso em 12/02/2007.
13. AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Washington; 2000.
14. Gornall AG, Bordawill CS, David MM. The determination of protein by the biuret reaction. *J Biology Chem*. 1949;177:751-80.
15. McWatters KH, Holmes MR. Influence of moist heat on solubility and emulsification properties of soy and peanut flours. *J Food Sci*. 1979;44:774-6.
16. Laemmli UK. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage t4. *Nature*. 1970;227:689-95.
17. Dua S, Mahajan A, Mahajan A. Improvement of functional properties of rapeseed (*Brassica campestris* Var. Toria) preparations by chemical modification. *J Agric Food Chem*. 1996;44:706-10.
18. SPSS. Inc. 11.0 for Windows [Computer program]; LEAD Technologies SPSS Inc.; Chicago, EUA, 2001.
19. Moura Fé JA, Holanda LFF, Martins CB, Maia GA. Estudos tecnológicos da faveleira (*Cnidoscopus phyllacanthus* (Mart) Pax et Hoffm). *Ciência Agrônômica*, Fortaleza-CE. 1977;7:33-7.
20. Lourenço KDS. Estudo comparativo parcial das características lipídica, e protéicas, determinação de fatores antinutricionais em sementes de duas cultivares de canola (*Brassica napus*, L). 2004. [dissertação de mestrado]. João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba; 2004.
21. Ramos CMP, Bora PS. Functional characterization of acetylated brazil nut (*bertholletia excelsa* hbk) kernel globulin. *Ciênc Tecnol Alim*. 2004;24:134-8.
22. Sze-Tao KWC, Sathe SK. Functional properties and in vitro digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chem*. 2000;69:153