

# Isolado protéico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais

*Protein isolate of guava seed (Psidium guajava):  
functional properties of characterization*

Gustavo Guadagnucci FONTANARI<sup>1\*</sup>, Mônica Cristina JACON<sup>1</sup>, Ieda Aparecida PASTRE<sup>2</sup>,  
Fernando Luis FERTONANI<sup>3</sup>, Valdir Augusto NEVES<sup>1</sup>, José Paschoal BATISTUTI<sup>1</sup>

## Resumo

Isolados protéicos (IPs) foram obtidos a partir da farinha da semente de goiaba (*Psidium guajava*) por extração a diferentes pHs seguido de precipitação isoelétrica (pI 4,5). As condições para o preparo do IP foram definidas a partir da curva de solubilidade, em pH 10,0 e 11,5, na ausência de NaCl e em temperatura de  $25 \pm 3$  °C. Essas condições levaram a um rendimento na extração de 45,19 e 66,23%, e teor protéico de 96,4 e 93,5% para IP 10,0 e 11,5, respectivamente. Capacidade de absorção de água e óleo de  $1,05 \pm 0,07$  e  $2,30 \pm 0,01$  mL.g<sup>-1</sup> proteína e  $1,65 \pm 0,07$  e  $1,70 \pm 0,07$  mL.g<sup>-1</sup> proteína foram obtidos, respectivamente, para IP 10,0 e IP 11,5. Não foram observadas diferenças entre os IPs quanto à atividade e estabilidade de emulsão, atingindo valores similares e superiores ao IP de outras sementes. Formação de gel, em pH neutro e ausência de sal, exigiram concentrações de 8 e 10% para IP 10,0 e IP 11,5, respectivamente. Maior capacidade de formação de espuma foi obtida para IP 10,0 em pH neutro e alcalino, apresentando valores de até 90% do volume inicial, por outro lado, para estabilidade de espuma, ambos IPs apresentaram boas propriedades até duas horas após a formação da espuma.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava*; semente de goiaba; propriedades funcionais; isolado protéico (IP).

## Abstract

Protein isolates (PIs) were obtained from the guava seed flour (*Psidium guajava*) by extracting different pHs followed by isoelectric precipitation (pH 4.5). The conditions for preparation of the PIs were defined from the solubility curve at pH 10.0 and 11.5, in the absence of NaCl and a temperature of  $25 \pm 3$  °C. These conditions obtained protein isolated (PI) with extraction yield of 45.19 and 66.23%, with protein content of 96.4 and 93.5% for PI 10.0 and 11.5, respectively. The water and oil absorption capacity of  $1.05 \pm 0.07$  and  $2.30 \pm 0.01$  mL.g<sup>-1</sup> protein and  $1.65 \pm 0.07$  and  $1.70 \pm 0.07$  mL.g<sup>-1</sup> protein, respectively; were obtained for PI 10.0 and PI 11.5. Differences among the PIs regarding the emulsion activity and stability were not observed, reaching similar and higher values compared to IP of other seeds. The gel formation in neutral pH and salt absence require concentrations of 8 and 10% to PI 10.0 and PI 11.5, respectively. The highest foam formation was observed for PI 10.0 in neutral and alkaline pH, and it showed a capacity of up to 90% of the initial volume; however for the foam stability both IPs showed good properties of up to two hours after foam formation.

**Keywords:** *Psidium guajava*; guava seed; functional properties; protein isolate (PI).

## 1 Introdução

O processamento de frutas e vegetais gera resíduos que são em grande parte descartados no campo, ocasionando problema de ordem econômica e ambiental<sup>23,32,43</sup>. Alguns estudos destacam o potencial de uso desses subprodutos por representarem fontes alternativas de óleo, fibras e proteína; como exemplos têm-se as sementes de tomate<sup>23,43</sup>, gergelim<sup>12</sup> e goiaba<sup>13,32</sup>. No Brasil são processadas cerca de 200 mil ton/ano de goiaba<sup>6</sup>, gerando um resíduo próximo a 12 mil ton/ano, correspondente à semente<sup>6,16</sup>. Embora os dados sobre a composição química e propriedades funcionais da semente de goiaba sejam escassos, os poucos trabalhos na literatura indicam um conteúdo de óleo entre 8-16%, fibras 50-60% e proteínas 7,6-9,8%<sup>13,17,32,33,35</sup>, sendo estes valores variáveis em função de variedade, processamento e condições de cultura.

A utilização de produtos protéicos pela indústria alimentícia tem mostrado aumento significativo em virtude de suas características funcionais. A capacidade que as proteínas possuem para desempenhar certas funções em determinado sistema alimentar, tais como, absorção de água, formação e estabilidade de emulsão, formação de gel e espuma, dentre outras, depende de numerosos fatores como conteúdo protéico, solubilidade, pH, concentração de sal e métodos de processamento; fatores que afetam as propriedades funcionais das proteínas<sup>42,37</sup>. A utilização de concentrados e isolados protéicos em alimentos industrializados requer estudos para um melhor entendimento de seu comportamento em diferentes tipos de sistemas alimentares<sup>8</sup>. Dessa forma, visando aproveitar resíduos remanescentes, gerados pelo processamento industrial de alimentos, trabalhos são conduzidos no sentido de proceder à caracterização das propriedades funcionais e na tentativa de avaliar o potencial de utilização destes resíduos<sup>13,16,17,23,32,34,35,39,43</sup>.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi a obtenção de isolados protéicos (IPs) a partir da semente de goiaba (*Psidium guajava*), e a avaliação de algumas propriedades funcionais no que diz respeito à solubilidade, absorção de água e óleo, propriedades de geleificação, emulsificação e formação de espumas.

<sup>1</sup> Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CEP 14801-902, Araraquara - SP, Brasil, E-mail: guganari@fcar.unesp.br

<sup>2</sup> Departamento de Química e Ciências Ambientais, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CEP 15054-000, São José do Rio Preto - SP, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CEP 14801-970, Araraquara - SP, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

## 2 Material e métodos

### 2.1 Material

As sementes de goiaba, obtidas junto à indústria de alimentos PREDILECTA S. A. (São Lourenço do Turvo, SP), foram submetidas a seguidas e intermitentes lavagens com água corrente, para a remoção de polpa, secas à temperatura ambiente, trituradas previamente em moinho de facas com malha de 1 mm e desengorduradas com éter etílico sob refluxo em aparelho de Soxhlet. O material foi deixado à temperatura ambiente para remoção do solvente, pulverizado em moinho de martelo, com malha 0,4 mm, e classificadas por tamis de 60 mesh (partículas de 0,25 mm), constituindo a farinha de semente utilizada nos experimentos.

### 2.2 Efeito de variáveis na extração de proteína

Alíquotas da farinha desengordurada foram dispersas em água destilada, o pH ajustado em 10,0 e estabelecidas diferentes proporções massa/volume (m.v<sup>-1</sup>). A dispersão foi mantida sob agitação mecânica por 1 hora a 4 °C, centrifugado a 8.000 rpm/40 minutos; seguido de determinação de proteína no sobrenadante. Para a otimização da variação do tempo na extração da proteína, alíquotas de farinha, na proporção m.v<sup>-1</sup> (1:10), foram dispersas em água destilada, pH 10,0 e sob agitação mecânica por 10, 20, 30, 60 e 120 minutos a 4 °C. O material foi centrifugado a 8.000 rpm/40 minutos e o nitrogênio solúvel determinado no sobrenadante pelo método de KJELDAHL<sup>5</sup>. Para conversão de nitrogênio em proteína, foi utilizado o fator de 6,25<sup>17</sup>.

### 2.3 Influência do pH e concentração de sal na solubilidade da proteína

O método desenvolvido por WANG e KINSELLA<sup>41</sup>, com modificações, foi utilizado para determinar a influência do pH e força iônica na solubilidade da proteína. Um grama (1 g) de farinha foi disperso em 30 mL de água destilada e o pH ajustado de 1-12, utilizando-se HCl e/ou NaOH 0,5 mol.L<sup>-1</sup>. O material foi agitado por 1 hora a 25 °C, centrifugado a 8.000 rpm/60 minutos a 5 °C, e o nitrogênio solúvel determinado no sobrenadante pelo método de KJELDAHL<sup>5</sup>. Para a avaliação do efeito combinado da concentração de NaCl e variação do pH na extração da proteína, as amostras foram dispersas em solução de NaCl 0,2 e 0,5 mol.L<sup>-1</sup>, seguindo o mesmo procedimento citado acima.

### 2.4 Obtenção do isolado protéico (IP)

O IP foi obtido de acordo com metodologia descrita por LIADAKIS et al.<sup>23</sup>, com modificações. A farinha desengordurada foi dispersa em água destilada na proporção de 1:30 (m.v<sup>-1</sup>), o pH ajustado em 10,0 e 11,5, seguido de agitação por 30 minutos à temperatura ambiente (25 ± 3) °C. A suspensão foi centrifugada a 8.000 rpm/30 minutos, o sobrenadante foi recolhido e a proteína precipitada em pH 4,5. Posteriormente à centrifugação (8.000 rpm/30 minutos), o IP foi ressuscitado em água e o pH ajustado a 7,0, seguido de liofilização. O teor protéico foi determinado pelo método de KJELDAHL<sup>5</sup>.

### 2.5 Capacidades de absorção de água (CAA) e óleo (CAO)

As CAA e CAO foram determinadas usando o método de WANG e KINSELLA<sup>41</sup>, com modificações. Um grama (1 g) de proteína foi homogeneizado com 10 mL de água destilada e/ou óleo de soja por 3 minutos; as amostras permaneceram em repouso à temperatura ambiente (25 ± 3) °C, por 30 minutos; seguido de centrifugação a 7.000 rpm/30 minutos. O volume do sobrenadante foi coletado em proveta graduada de capacidade para 10 mL. A capacidade de absorção foi determinada pela diferença entre o volume inicial e o volume final, os resultados foram expressos em mL água e/ou óleo absorvido por grama de proteína (mL.g<sup>-1</sup> proteína).

### 2.6 Atividade emulsificante (AE) e estabilidade de emulsão (EE)

As AE e EE foram determinadas pelo método de WANG e KINSELLA<sup>41</sup>, com modificações. Suspensões protéicas a 3,5% em 20 mL de água destilada com ajustes de pH em 3,0, 7,0 e 8,5 foram agitadas em copo de alumínio, na velocidade de 16.000 rpm, com 20 mL de óleo de soja por 1 minuto. A emulsão formada foi dividida em tubos e centrifugada a 6.000 rpm/5 minutos. A AE foi determinada como sendo o percentual da camada que se manteve emulsificada após a centrifugação, o cálculo da porcentagem de AE foi realizado de acordo com a equação abaixo:

$$(\%)AE = \frac{\text{Peso da camada emulsionada do tubo}}{\text{Peso total do conteúdo do tubo}} \times 100 \quad (1)$$

A EE foi determinada pelo aquecimento da emulsão em banho-maria a 80 °C/30 minutos, seguido de refrigeração a 15 °C e centrifugação a 6.000 rpm/5 minutos. A EE foi calculada como sendo o percentual da camada que permaneceu emulsificada após o tratamento térmico, o cálculo da porcentagem de EE foi realizado de acordo com a equação abaixo:

$$(\%)EE = \frac{\text{Peso da camada emulsionada após o aquecimento}}{\text{Peso total do conteúdo do tubo}} \times 100 \quad (2)$$

### 2.7 Propriedades de geleificação

As propriedades de geleificação foram determinadas utilizando-se o método descrito por COFFMAN e GARCIA<sup>10</sup>. Suspensões com concentrações de proteína nas proporções (m.v<sup>-1</sup>) 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20% foram homogeneizadas em água destilada e transferidas para tubos de vidro (10 x 0,6 cm Ø) que foram submetidos ao aquecimento em banho-maria em ebulição por 1 hora, seguido de resfriamento a 4 °C, em banho de gelo por 2 horas. O efeito do pH foi conduzido em soluções com ajuste de pH do meio em 3,0, 7,0 e 8,5. O efeito da força iônica foi verificado para as soluções contendo NaCl nas concentrações de 0,2, 0,5 e 1 mol.L<sup>-1</sup>. A menor concentração capaz de promover geleificação foi aquela em que os tubos foram invertidos e as amostras não escorrem ou deslizaram pela parede do tubo.

## 2.8 Capacidade e estabilidade de formação de espuma

A capacidade e a estabilidade de formação de espuma foram determinadas pelo método de COFFMAN e GARCIA<sup>10</sup>, com modificações. Aliquotas de concentrações protéicas a 2% (m.v<sup>-1</sup>) foram dispersas em 25 mL de água destilada e homogeneizadas na velocidade de 16.000 rpm/1 minuto. A mistura foi imediatamente transferida para uma proveta graduada de 50 mL e o volume registrado. A porcentagem do aumento do volume foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$(\%) \text{ Volume} = \frac{(V_2 - V_1)}{(V_1)} \times 100 \quad (3)$$

onde  $V_2$  é o volume após homogeneização e  $V_1$  é o volume antes da homogeneização.

A estabilidade da espuma foi avaliada pela porcentagem de redução do volume nos intervalos de tempo de 30, 60, 90 e 120 minutos. O efeito do pH na capacidade de formação de espuma foi conduzido com ajuste de pH em 3,0, 7,0 e 8,5.

## 2.9 Análise estatística

Os resultados experimentais foram comparados por ANOVA e teste de Tukey para determinação da diferença estatística entre as médias ( $p < 0,05$ ) utilizando-se o programa BioEstat 4.0 para windows<sup>7</sup>.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Efeitos das variáveis na extração

O estabelecimento de condições adequadas durante a extração da proteína é etapa essencial para se obter informações de otimização quanto a rendimento e conteúdo protéico, associado à manutenção da estrutura protéica e redução de interferentes. Nesse sentido, a proporção farinha/solvente é importante para estabelecer condições ideais de extração otimizada. A Tabela 1, coluna a, indica 1:30 como a melhor condição de solubilidade da proteína. Essa mesma condição foi relatada para a farinha de semente de goiaba do Egito<sup>13</sup>. Acima dessa relação observou-se uma redução de solubilidade.

**Tabela 1.** Efeito de: a - proporção massa de farinha e volume de extrator em pH 10,0\*; b - Variação do tempo na extração da proteína de semente de goiaba (*Psidium guajava*) na proporção (1:10) e pH 10,0.\*\*

a - relação massa/volume		b - efeito da variação do tempo	
Proporção m.v <sup>-1</sup>	% Proteína solubilizada	Tempo (minuto)	% Proteína solubilizada
1:10	27,7 ± 0,3	10	26,0 ± 1,0
1:15	23,5 ± 0,5	20	28,2 ± 0,3
1:20	28,0 ± 0,7	30	30,7 ± 0,3
1:25	27,1 ± 0,5	60	27,7 ± 0,3
1:30	37,0 ± 0,8	120	22,3 ± 0,2
1:50	26,0 ± 1,0	-	-
1:100	15,0 ± 2,0	-	-

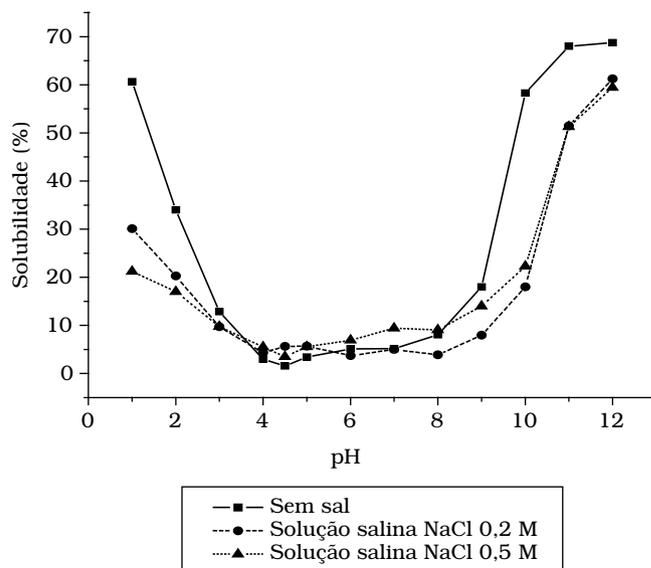
\*Solvente: água destilada; tempo de extração: 60 minutos; Temperatura 4 °C; e \*\*Solvente: água destilada.

Observa-se na coluna b da Tabela 1 que o tempo de 30 minutos foi suficiente para solubilização máxima das proteínas, por outro lado, o de 120 minutos acarretou redução de solubilidade. Esses testes permitiram estabelecer os parâmetros iniciais ideais para a extração da proteína da farinha.

### 3.2 Influência do pH e concentração de sal na solubilidade da proteína

A Figura 1 mostra uma baixa solubilidade da proteína da farinha para o intervalo de pH,  $4,0 \leq \text{pH} \leq 8,0$ , com valor mínimo em pH 4,5. Este pH foi caracterizado como sendo o ponto isoelétrico (pI) e está em concordância com os resultados descritos na literatura para IP de sementes de goiaba (*Psidium guajava*) originária do México<sup>32</sup>, do Brasil<sup>16,17</sup> e do Egito<sup>13</sup>. Outras fontes protéicas, como as sementes de tomate e de gergelim, apresentaram pI em pH 3,9 e 5,0, respectivamente<sup>20,23</sup>. Por outro lado, 60,61% da proteína foi solubilizada no pH 1,0 e 68% no pH 11,0. Comportamento similar foi registrado para gergelim<sup>19,20</sup>, tremoço<sup>1,38</sup> e feijão locust<sup>21</sup>.

O pH afeta a densidade de cargas e o balanço eletrostático intra e intermolecular, modificando a habilidade da proteína em participar das interações hidro e lipofílicas<sup>11,37</sup>. O aumento da densidade de cargas na proteína em pH afastados da região do ponto isoelétrico favorece a repulsão eletrostática e as interações proteína-água, resultando num aumento da solubilidade<sup>14</sup>.



**Figura 1.** Efeito de pH e concentração salina na solubilidade da proteína da farinha de semente de goiaba obtidos para  $1 \leq \text{pH} \leq 12$ , na ausência e presença de NaCl ( $0 \leq C_{\text{NaCl}} \leq 0,5$ ) mol.L<sup>-1</sup>. Temperatura  $25 \pm 3$  °C.

A Figura 1 também revela que a solubilidade da proteína é reduzida consideravelmente com o aumento da concentração de NaCl; contrário ao observado para a proteína de sementes de leguminosas, como às de lentilha<sup>31</sup>, tremoço doce e amargo<sup>1</sup>, soja<sup>29</sup> e concentrados protéicos de gergelim<sup>19</sup>; indicando tratar-se de moléculas protéicas com diferentes características. O perfil de solubilidade das proteínas de semente de goiaba,

presente na Figura 1, permite sugerir tratar-se de proteínas do tipo glutelina<sup>16,33,34</sup>, com características de baixa solubilidade na presença de sal e altamente solúveis em meio ácido e/ou alcalino extremo<sup>3,27</sup>.

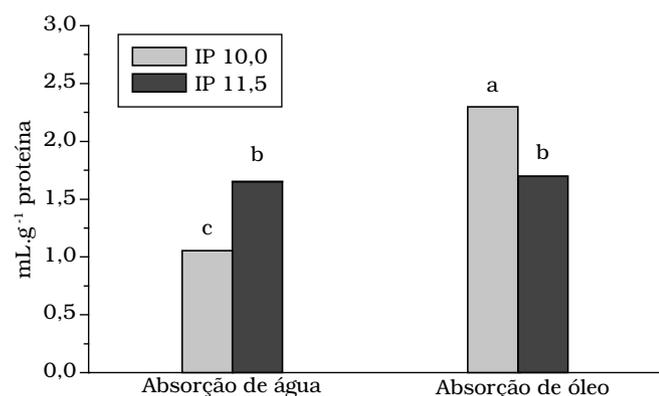
### 3.3 Obtenção do Isolado Protéico (IP)

A curva de solubilidade foi utilizada como referência para a definição dos parâmetros para a produção dos IP, sendo adotados os valores de pH 10,0 e 11,5 na ausência de sal e temperatura de  $25 \pm 3$  °C. O IP obtido por extração em pH 11,5 forneceu um rendimento de  $66,23 \pm 0,45\%$ , enquanto que para IP 10,0 o rendimento foi de  $45,19 \pm 0,60\%$ . Entretanto, os conteúdos protéicos mantiveram pequena variação:  $96,4 \pm 0,5\%$ , para o IP 10,0, e  $93,5 \pm 0,4\%$ , para o IP 11,5. Por outro lado, a verificação de maior rendimento para o pH 11,5 é resultado da melhor solubilidade protéica nesse pH, como observado na Figura 1. Esses resultados estão em concordância com os apresentados por NICANOR et al.<sup>32</sup>, porém, obtidos empregando diferentes condições de extração.

### 3.4 Capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO)

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para as CAA e CAO dos IPs de semente de goiaba. A absorção de água verificada para o IP 10,0 foi significativamente inferior ao do IP 11,5, no entanto, concordantes com IP de semente de goiaba proveniente do México<sup>32</sup> e IP de aveia<sup>26</sup>. Por outro lado, a CAA do IP 11,5 é semelhante aos resultados obtidos para sementes de goiaba provenientes do Egito<sup>13</sup>. Para a CAO, observa-se, a partir da Figura 2, que o IP 10,0 apresenta diferença significativa em relação ao IP 11,5, esse último com valores superiores aos relatados na literatura para IP de semente de goiaba<sup>13,32</sup>.

DENCH et al.<sup>12</sup>, sugerem que a absorção de óleo varia em função do número de grupos hidrofóbicos expostos da proteína, e LIN et al.<sup>24</sup> afirmam que as cadeias laterais não polares das proteínas têm estrita afinidade com as cadeias hidrofóbicas da molécula de gordura e contribuem para a absorção.



**Figura 2.** Absorção de água e óleo para Isolado Protéico (IP) extraído da semente de goiaba (*Psidium guajava*) em pH 10,0 e 11,5, respectivamente. \*Resultados são média  $\pm$  desvio padrão de três determinações. Colunas com letras diferentes indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey<sup>7</sup>.

A maior capacidade de absorção de óleo observada, em comparação à de água, principalmente para o IP 10,0, revela que essa propriedade pode resultar da interação das seqüências de grupos de aminoácidos apolares que, expondo mais áreas de microdomínios hidrofóbicos, leva a uma maior retenção de óleo. A CAA dos IPs 10,0 e 11,5 foram inferiores às obtidas para o IP de soja<sup>15</sup> e proteína da algaroba<sup>40</sup>, no entanto, a CAO evidenciou comportamento contrário. Valores próximos ao obtido para os IP da semente de goiaba (Figura 2) foram relatados por KHALID et al.<sup>20</sup> para a proteína de gergelim.

### 3.5 Atividade emulsificante (AE) e Estabilidade de emulsão (EE)

A Tabela 2 apresenta os valores de AE e EE para os IPs. Observa-se, para AE, que o pH da suspensão tem maior influência do que o pH de isolamento, apresentando maior atividade em meio ácido (pH 3,0). No entanto, para EE o pH de isolamento (IP 10,0) influenciou significativamente no resultado para pH igual a 3,0. O efeito do pH na EE apresenta certa complexidade, assim, MANGINO<sup>28</sup> observou que em valores próximos ao pI as proteínas são capazes de formar filmes interfaciais mais coesos e mais viscosos, o que é benéfico para a estabilidade da emulsão.

**Tabela 2.** Atividade e estabilidade da emulsão para IP 10,0 e 11,5\*.

Isolado protéico	pH da suspensão	Atividade de Emulsão (%) (AE)	Estabilidade da Emulsão (%) (EE)
IP 10,0	3,0	$76,6 \pm 0,7^a$	$79,0 \pm 0,5^a$
	7,0	$74,3 \pm 0,1^{b,c}$	$75,4 \pm 0,4^b$
	8,5	$73,5 \pm 0,5^c$	$75,8 \pm 0,7^b$
IP 11,5	3,0	$75,8 \pm 0,5^{a,b}$	$76,1 \pm 0,5^b$
	7,0	$74,6 \pm 0,7^{b,c}$	$74,9 \pm 0,6^b$
	8,5	$73,8 \pm 0,8^c$	$75,0 \pm 0,5^b$

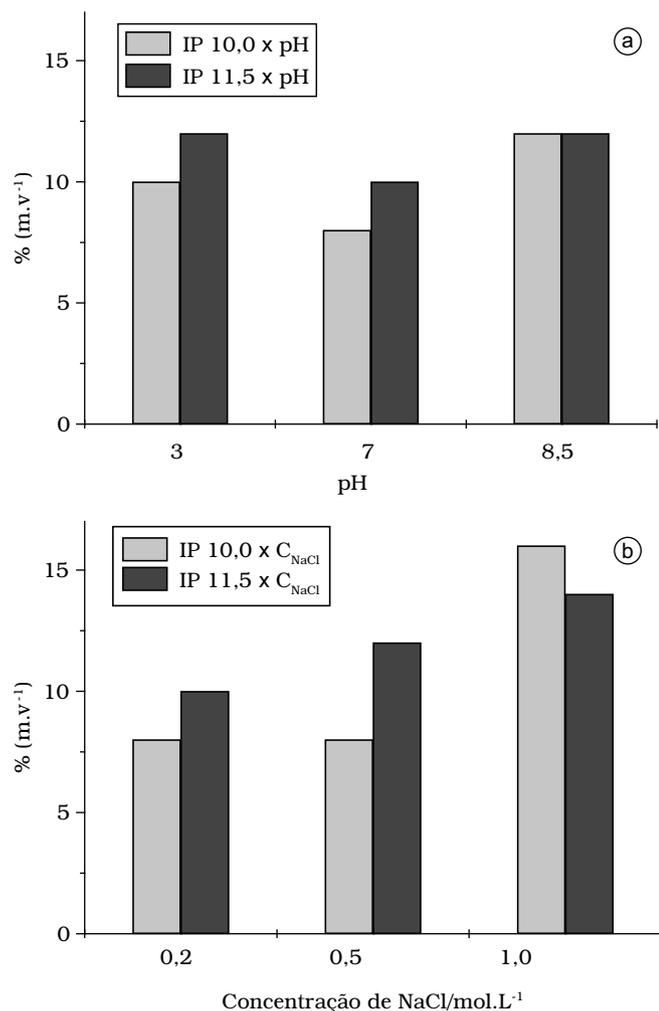
\* Os resultados (média  $\pm$  desvio padrão de três determinações) seguidos de mesma letra (coluna) não diferem no nível de 5% ( $p > 0,05$ ), avaliação estatística através do teste de Tukey<sup>7</sup>.

Resultados semelhantes foram relatados para IP de feijão locust (*Parkia biglobosa*)<sup>21</sup>, sementes de gergelim<sup>20</sup>, concentrados protéicos de gergelim<sup>19</sup>, concentrado protéico de tremoço<sup>38</sup>, proteína do feijão “caupi”<sup>36</sup> e inclusive para IP de semente de goiaba proveniente do México<sup>32</sup> e Egito<sup>13</sup>. Entretanto, em alguns casos essa estabilidade pode ser mais elevada em valores de pH distante do pI, sendo processo dependente do equipamento utilizado para o preparo da emulsão<sup>28</sup>. Por outro lado, a AE de outras fontes pesquisadas, tais como: IP de feijão locust (*Parkia biglobosa*) ( $\cong 65\%$ )<sup>21</sup> e IP da proteína de alfafa ( $\cong 65\%$ )<sup>41</sup>, apresentam valores inferiores se comparados aos presentes na Tabela 2.

### 3.6 Propriedades de geleificação

O efeito de pH e concentração de sal na formação de gel pelos IPs estão apresentados na Figura 3a e 3b, respectivamente. Os resultados permitiram sugerir que: 1) a geleificação dos IP, sofreram influência do pH independentemente das condições de extração (pH 10,0 ou 11,5); 2) as regiões ácidas e alcalinas

necessitaram de uma concentração maior de proteína para a formação do gel, fenômeno semelhante relatado para feijão locust<sup>21,22</sup> e feijão Jack<sup>2</sup>. De acordo com CLARK et al.<sup>9</sup>, o pH afeta a natureza das cargas de cadeias laterais de aminoácidos da proteína, alterando sua solubilidade e afetando diretamente a capacidade de formação do gel. Pode-se ainda, na Figura 3a, observar que o pH de extração influenciou a formação de gel, pois o IP 10,0 forma gel com menor concentração que o IP 11,5



**Figura 3.** Efeito do pH (a) e concentração de NaCl (b) na formação de gel dos IP extraídos em pH 10,0 e 11,5\*. \*Os resultados foram expressos em % na relação (m.v<sup>-1</sup>).

(pH 3,0 e 7,0); 3) o IP 10,0 em pH neutro apresentou formação de gel com uma concentração de 8% (m.v<sup>-1</sup>), valor semelhante relatado para IP de feijão guandu<sup>30</sup>; enquanto o IP 11,5 formou gel à concentração de 10% (m.v<sup>-1</sup>) em pH neutro, o mesmo registrado para IP de tremoço (IP<sub>B</sub>)<sup>25</sup>. Na literatura especializada verifica-se a ausência de dados referentes à formação de gel para a proteína da semente de goiaba.

O efeito da concentração de NaCl na formação de gel, para os IPs (Figura 3b), demonstra que o aumento gradativo da concentração do sal, até 1 mol L<sup>-1</sup>, acarreta maior quantidade de IP necessário para formá-lo. Esse mesmo fenômeno foi relatado por ADEBOWALE e LAWAL<sup>2</sup>, LAWAL<sup>21</sup> e LAWAL et al.<sup>22</sup>. A Figura 3b também indica que, na concentração de 0,2 e 0,5 mol. L<sup>-1</sup> de NaCl, a formação de gel para o IP 10,0 ocorre na mesma concentração de IP, porém, para a concentração de 1 mol.L<sup>-1</sup> de NaCl a percentagem de IP utilizado é maior.

De acordo com ALVAREZ e GUILLÉN<sup>4</sup>, elevadas concentrações de sal provocam efeito “salting out”, diminuindo a solubilidade e levando à precipitação da proteína. O pH, assim como a força iônica, pode alterar a distribuição das cargas nas cadeias laterais das proteínas, causando aumento ou diminuição das interações proteína-proteína<sup>18</sup>.

### 3.7 Capacidade e estabilidade de formação de espuma

A Tabela 3 apresenta os dados de capacidade e estabilidade de formação de espuma para os IPs com ajuste de pH da suspensão em 3,0, 7,0 e 8,5. De acordo com a tabela, observa-se que a formação de espuma foi maior na região alcalina, apresentando expansão de 76 a 92% do volume inicial para IP 11,5 e 10,0, respectivamente. Os resultados são superiores aos encontrados para IP de semente de goiaba do México<sup>32</sup> e do Egito<sup>13</sup>.

A capacidade de formação de espuma dos IP sofreram influência do pH, apresentando-se baixa na região de pH próximo ao pI e alta em regiões de pH alcalino. Comportamento semelhante foi relatado para IP de semente de algaroba<sup>40</sup>, sementes de gergelim<sup>20</sup>, concentrados protéicos de gergelim<sup>19</sup>, proteínas do feijão locust (*Parkia biglobosa*)<sup>21</sup>, proteínas do feijão “caupi”<sup>36</sup> e concentrado protéico de tremoço<sup>38</sup>.

## 4 Conclusão

Os IPs de semente de goiaba (*psidium guajava*) foram obtidos através da precipitação isoeletrica, contendo alto teor de proteína com diferentes níveis de solubilidade conforme

**Tabela 3.** Capacidade de formação e estabilidade de espumas preparadas a partir de IP 10,0 e 11,5.

Isolado protéico	pH da suspensão	Volume após agitação (mL)*	Capacidade de formação de espuma (%)	Estabilidade da espuma [vol (mL) em intervalos (minuto)]			
				30	60	90	120
IP 10,0	3,0	42	68	42	42	42	42
	7,0	48	92	46	46	45	44
	8,5	48	92	45	45	44	43
IP 11,5	3,0	40	60	40	40	40	40
	7,0	44	76	42	42	42	42
	8,5	44	76	43	42	41	41

\*volume inicial = 25 mL.

variação de pH e concentração de sal. As capacidades de absorção de água e óleo foram baixas, entretanto, a atividade e estabilidade de emulsão, bem como a capacidade e estabilidade de formação de espuma, apresentaram valores satisfatórios e similares a outras proteínas já utilizadas como ingrediente alimentício. As propriedades geleificantes foram observadas nas concentrações de 8 e 10% para IP 10,0 e 11,5, respectivamente, em pH neutro.

Os isolados protéicos obtidos apresentaram algumas propriedades funcionais similares a outras sementes que vêm sendo utilizadas como ingrediente alimentar, demonstrando que, em se tratando de um resíduo, pode ser importante fonte, alternativa, para aplicação como elemento funcional em alimentos processados.

## Agradecimentos

À CAPES, PIBIC-CNPq e Fundação SIBAN pelo apoio financeiro; à estagiária Camila e técnicos (as): Osmar, Maraíza e Elizene; ao prof. Dr. J. A. G. Arêas e equipe do Laboratório de Propriedades Funcionais (FSP/USP), pelo apoio técnico; IRMOR-Distribuidor de Peças para Balanças Ltda e à indústria de alimentos PREDILECTA S.A., pelo incentivo e fornecimento de material.

## Referências bibliográficas

- ADAWY, T. A. E.; RAHMA, E. H.; BEDAWAY, A. A. E.; GAFAR, A. F. Nutritional potential and functional properties of sweet and bitter lupin seed protein isolates. **Food Chem.**, v. 74, n. 4, p. 455-462, 2001.
- ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voanzeria subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. **Food Res. Int.**, v. 37, p. 355-365, 2004.
- AKABORI, S.; KAGAKU, T.; SHUPPAN, K. apud MAGOSHI, J.; BECKER, M. A.; HAN, Z.; NAKAMURA, S. Thermal properties of seed proteins. **J. Therm. Anal. Calorim.**, v. 70, n. 3, p. 833-839, 2002.
- ALVAREZ, O. M.; GUILÉN, M. C. G. The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*). **Food Chem.**, v. 92, n. 1, p. 71-77, 2005.
- AOAC. *Official methods of analysis*, (16<sup>th</sup> ed.). Arlington: **Association of Official Analytical Chemists** - Washington D.C. (1995).
- Associação Brasileira dos Produtores de Goiaba. GOIABRAS - <http://www.goiabras.org.br/>. Acesso em 30 agosto 2003.
- AYRES, M.; AYRES, Jr. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **Bioestat 4.0 Aplicações Estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Sociedade Civil Mamirauá e MCT - CNPq, 2005.
- BATISTUTI, J. P.; FREITAS, S. D. Emulsifying properties of flour and protein concentrate of pigeon pea (*Cajanus flavus* DC.) var. fava larga. **Alim. Nutr.**, v. 6, p. 55-67, 1995.
- CLARK, A. H.; KAVANAGH, S. B.; MURPHY, S. B. R. Globular protein gelation: theory and experiment. **Food Hydrocolloid**, v. 15, n. 4-6, p. 383-400, 2001.
- COFFEMAN, C. W.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. **J. Food Technol.**, v. 12, p. 473-484, 1977.
- DAMODARAN, S.; PARAF, A. **Food proteins and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1997.
- DENCH, J. E.; RIVAS, R. N.; CAYGIL, J. C. Selected functional properties of sesame (*Sesame indicum* L) flour and two protein isolates. **J. Sci. Food Agric.**, v. 32, p. 557-564, 1981.
- EL AAL, M. H. Production of guava seed protein isolates: Yield, composition and protein quality. **Die Nahrung**, v. 36, n. 1, p. 50-55, 1992.
- ELIZALDE, B. E.; BARTHOLOMAI, G. B.; PILOSO, A. M. R. The effect of pH on the relationship between hydrophilic/lipophilic characteristics and emulsification properties of soy proteins. **LWT - Food Sci. Technol.**, v. 29, n. 4, p. 334-339, 1996.
- ELIZALDE, B. E.; KANTEREWICS, R. J.; PILOSO, A. M. R.; BARTHOLOMAI, G. B. Physicochemical properties of food proteins related to their ability to stabilize oil-in-water emulsions. **J. Food Sci.**, v. 53, n. 3, p. 845-848, 1988.
- FONTANARI, G. G. **Isolado protéico de semente de goiaba (Psidium guajava): Caracterização de propriedades funcionais e térmicas**. Araraquara, 2006, 117 p. Dissertação (mestre em Alimentos e Nutrição), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P.; BANNACH, G.; PASTRE, I. A.; IONASHIRO, E. Y.; FERTONANI, F. L. Thermal study and physico-chemical characterization of some functional properties of guava seeds protein isolate (*Psidium guajava*). **J. Therm. Anal. Calorim.**, v. 83, n. 3, p. 709-713, 2006.
- GOSSET, P. W.; RIZVI, S. S. H.; BAKER, R. C. Qualitative analysis of gelation in egg protein systems. **Food Technol.**, v. 38, n. 5, p. 67-74, 1984.
- INYANG, U. E.; IDUH, A. O. Influence of pH and salt concentration on protein solubility, emulsifying and foaming properties of sesame protein concentrate. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 73, n. 12, p. 1663-1667, 1996.
- KHALID, E. K.; BABIKER, E. E.; EL TINAY, A. H. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. **Food Chem.**, v. 82, n. 3, p. 361-366, 2003.
- LAWAL, O. S. Functionality of African locust bean (*Parkia biglobosa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. **Food Chem.**, v. 86, n. 3, p. 345-355, 2004.
- LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O.; OGUNSANWO, B. M.; SOSANWO, O. A.; BANKOLE, S. A. On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobosa*). **Food Chem.**, v. 92, n. 4, p. 681-691, 2005.
- LIADAKIS, G. N.; TZIA, C.; OREOPOULOU, V.; THOMOPOULOS, C. D. Protein Isolation from Tomato Seed Meal, Extraction Optimization. **J. Food Sci.**, v. 60, n. 3, p. 477-482, 1995.
- LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKY, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **J. Food Sci.**, v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.
- LQARI, H.; VIOQUE, J.; PEDROCHE, J.; MILLÁN, F. *Lupinus angustifolius* protein isolates: chemical composition, functional properties and protein characterization. **Food Chem.**, v. 76, n. 3, p. 349-356, 2002.

26. MA, C. Y.; KHANZADA, G. Functional properties of deamidated oat protein isolates. **J. Food Sci.**, v. 52, n. 6, p. 1583-1587, 1987.
27. MAGOSHI, J.; BECKER, M. A.; HAN, Z.; NAKAMURA, S. Thermal properties of seeds proteins. **J. Therm. Anal. Calorim.**, v. 70, n. 3, p. 833-839, 2002.
28. 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, p. 147-173, 1994.
29. MCWATTERS, K. H.; HOLMES, M. R. Influence of pH and salt concentration on nitrogen solubility and emulsification properties of soy flour. **J. Food Sci.**, v. 44, p. 770-773, 1979.
30. MWASARU, M. A.; MUHAMMAD, K.; BAKAR, J.; MAN, Y. B. C. Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. II. Functional properties. **Food Chem.**, v. 67, n. 4, p. 445-452, 1999.
31. NEVES, V. A.; LOURENÇO, E. J.; SILVA, M. A. Características de solubilidade da fração protéica de semente de lentilha (*Lens culinaries Medik*), var. precoce. **Alim. Nutr.**, v. 9, p. 89-101, 1998.
32. NICANOR, A. B.; MORENO, A. O.; AYALA, A. L. M.; ORTIZ, G. D. Guava seed protein isolate: Function and nutritional characterization. **J. Food Biochem.**, v. 25, p. 77-90, 2001.
33. NICANOR, A. B.; SCILINGO, A. A.; AÑÓN, M. C.; ORTÍZ, G. D. Guava seed storage protein: Fractionation and characterization. **LWT- Food Sci. and Technol.**, v. 39, n. 8, p. 902-910, 2006.
34. NICANOR, A. B.; AÑÓN, M. C.; SCILINGO, A. A.; ORTÍZ, G. D. Functional Properties of Guava Seed Glutelins. **J. Agric. Food Chem.**, v. 53, n.9, p. 3613-3617, 2005.
35. PRASAD, N. B. L.; AZEEMODDIN, G. Characteristics and Composition of Guava (*Psidium Guajava* L.) Seed and Oil. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 71, n. 4, p. 457-458, 1994.
36. RAGAB, D. D. M.; BABIKER, E. E.; ELTINAY, A. H. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. **Food Chem.**, v. 84, n. 2, p. 207-212, 2004.
37. SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos – propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996.
38. SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Functional properties of Lupin Seed (*Lupinus mutabilis*) Proteins and Protein Concentrates. **J. Food Sci.**, v. 47, p. 491-497, 1982.
39. SHAMS EL-DIN, M. H. A.; YASSEN, A. A. E. Evaluation and utilization of guava seed meal (*Psidium Guajava* L.) in cookies preparation as wheat flour substitute. **Die Nahrung**, v. 41, n. 6, p. 344-348, 1997.
40. SILVA, J. B.; BORA, P. S.; NETO, V. Q. Caracterização de propriedades funcionais do Isolado protéico de semente de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D. C.) modificado por acetilação. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 17, n. 3, p. 263-269, 1997.
41. WANG, J. C.; KINSELLA, J. E. Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf proteins. **J. Food Sci.**, v. 41, p. 286-292, 1976.
42. WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 20, n. 1, p. 12-17, 2000.
43. YASSEN, A. A. E.; EL-DIN, M. H. A. S.; EL-LATIF, A. R. A. Fortification of Balady Bread with Tomato Seed Meal. **Cereal Chem.**, v. 68, n. 2, p. 159-161, 1991.