

# EFEITO DA TEMPERATURA DE EXTRUSÃO NA ABSORÇÃO DE ÁGUA, SOLUBILIDADE E DISPERSIBILIDADE DA FARINHA PRÉ-COZIDA DE MILHO-SOJA (70:30)<sup>1</sup>

Marilene S. FERNANDES<sup>2</sup>, Sin H. WANG<sup>2,\*</sup>, José Luis R. ASCHERI<sup>3</sup>,

Myriam F. OLIVEIRA<sup>2</sup>, Simone A. J. COSTA<sup>2</sup>

## RESUMO

Com o objetivo de verificar a possibilidade do uso das farinhas pré-cozidas de milho-soja (70:30) por extrusão em produtos alimentícios, foram estudadas suas características tecnológicas. A mistura crua de milho e soja foi extrusada num extrusor Brabender de dupla-rosca com velocidade de alimentação constante de 20,8Kg/h, velocidade da rotação de parafuso de 100rpm e diâmetro de matriz de 5mm. Os perfis da temperatura de barril (TB) foram: zona 1,60°C (constante); zona 2,90°C (constante); zona 3, 90, 110, 130 ou 150°C e zona 4 (matriz), 110, 130 ou 150°C. Os resultados mostraram que, o aumento da TB nas zonas 3 e 4 causou um aumento na absorção de água, nitrogênio solúvel em água, índice de solubilidade de nitrogênio, proteína dispersível em água e índice de dispersibilidade de proteína. Não foi verificada a atividade do inibidor de tripsina nas farinhas extrusadas estudadas. Sugere-se, portanto, o uso destas nos produtos cárneos e de panificação.

**Palavras-chave:** extrusão; milho e soja; farinha pré-cozida; absorção de água; solubilidade de nitrogênio; dispersibilidade de proteína.

## SUMMARY

EFFECT OF EXTRUSION TEMPERATURE IN WATER ABSORPTION, SOLUBILITY AND DISPERSIBILITY OF PRE-COOKED CORN-SOYBEAN (70:30) FLOURS. Pre-cooked corn-soybean (70:30) flours by extrusion were assessed for their technological characteristics in order to verify their potential use as food ingredients. The raw mixture of corn and soybean was extruded in a Brabender twin-screw extruder using a constant feed rate of 20.8Kg/hr with constant screw speed of 100 rpm at an exit through 5mm die. The barrel temperature (BT) profile was: zone 1,60°C (constant); zone 2,90°C (constant); zone 3, 90, 110, 130 or 150°C and zone 4 (die), 110, 130 or 150°C. Results showed that, an increase in BT at zones 3 and 4 caused an increase in water absorption, water soluble nitrogen, nitrogen solubility index, water dispersible protein and protein dispersibility index. No trypsin inhibitor activity was detected in studied extruded flours. It would be desirable to use these extruded flours in meat products, bread and cakes.

**Keywords:** extrusion; corn and soybean; pre-cooked flour; water absorption; nitrogen solubility; protein dispersibility.

## 1 - INTRODUÇÃO

Alguns estudos [5, 26, 46] demonstraram os efeitos benéficos da combinação de milho e soja, através da complementação mútua de aminoácidos e do aumento do teor de proteínas totais. Além do valor nutricional, as propriedades funcionais da mistura de milho e soja podem também contribuir para êxito de uso desta mistura em sistemas alimentares [40, 41, 42].

A farinha de soja desengordurada aumentou a estabilidade e absorção de água (AA) da massa [44]. Solubilidade ou dispersibilidade das proteínas da soja é uma propriedade físico-química relacionada com as outras propriedades funcionais, razão pela qual é a primeira propriedade a ser estudada numa investigação sistemática [15, 25]. As características de solubilidade servem como índices para otimizar os efeitos do calor nas proteínas durante os processos, de modo que sejam mostradas as vantagens e desvantagens de seus usos nos alimentos em questão. Quanto maior for o valor de solubilidade para uma proteína, melhor será a indicação do potencial de seu uso em sistemas alimentares

[21]. O índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) e o índice de dispersibilidade de proteína (IDP) são sempre usados como guia prático para se conhecer a funcionalidade da proteína. Sem dúvida, valores altos de ISN e IDP são muito úteis para formar uma emulsão real em produtos cárneos. No entanto, os produtos com baixos valores de ISN e de IDP podem ainda ser muito funcionais, apresentando boa AA, a qual apresenta efeito consideravelmente positivo na estabilidade do sistema cárneo [36].

O processo de extrusão tem proporcionado numerosas aplicações. Cereais matinais, petiscos, macarrões, alimentos à base de cereais enriquecidos com proteína, bebidas em pó e proteínas de soja texturizadas são alguns destes exemplos, onde a extrusão tem sido vantajosamente adotada pela indústria [6]. A extrusão propicia a obtenção de dispersões de farinhas pré-cozidas com menor viscosidade devido às modificações provocadas no material amiláceo [11]. O uso da extrusão em soja pode inativar efetivamente a lipoxigenase e os inibidores de tripsina, mantendo a disponibilidade de lisina [2, 14, 45], além de modificar suas estrutura e textura como conseqüência das alterações ocorridas na proteína [32].

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a AA, a solubilidade e a dispersibilidade das farinhas de milho-soja (70:30) pré-cozidas por extrusão, verificando o efeito da temperatura de extrusão e visando a possibilidade de utilizá-las na melhoria de características tecnológicas de produtos alimentícios.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 26/12/2001. Aceito para publicação em 17/09/2002 (000790).

<sup>2</sup> Departamento de Economia Doméstica - ICHS-UFRRJ, CEP 23890-000 Seropédica, RJ.

<sup>16</sup> EMBRAPA-CTAA (Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos), Av. das Américas, 29501, CEP 23020-470 Guaratiba, RJ.

\* A quem a correspondência deve ser enviada.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 – Material

As matérias-primas usadas para os estudos foram canjiquinha de milho (*Zea mays*) e grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar BRS-155, safra de 1999), ambos adquiridos do comércio e da EMBRAPA-CNPSO (Londrina, PR), respectivamente.

### 2.2 – Métodos

A obtenção da farinha extrusada e todas as análises químicas, físicas e da atividade do inibidor de tripsina, que se seguem, foram feitas em triplicata.

Para canjiquinha de milho, grãos de soja integrais e decorticados, e farinha mista crua de milho-soja (70:30) foram realizadas as análises de umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, segundo os métodos de AACC [1], e fibra bruta, conforme o método descrito por VAN DE KAMER & VAN GINKEL [35].

Os grãos de soja foram decorticados e branqueados, usando-se a metodologia de WANG *et al* [39]. Em seguida, os mesmos grãos de soja foram misturados com a canjiquinha de milho na proporção de 30:70 (base seca), sendo desintegrados num moinho de facas e martelos, com peneira de 2mm, obtendo-se uma farinha mista crua de milho-soja com aproximadamente 21% de umidade. A mesma farinha mista crua foi extrusada em extrusor Brabender de dupla rosca, usando-se uma velocidade de alimentação constante de 20,8Kg/h, uma velocidade da rotação de parafuso de 100rpm e um diâmetro de matriz de 5mm. Os perfis da temperatura de barril do extrusor foram: zona 1, 60°C (constante); zona 2, 90°C (constante); zona 3, 90, 110, 130 ou 150°C e zona 4 (matriz), 110, 130 ou 150°C. Os produtos extrusados foram designados nas seguintes seqüências: 90-110 (A), 90-130 (B), 90-150 (C), 110-110 (D), 110-130 (E), 110-150 (F), 130-130 (G), 130-150 (H), 150-150 (I). Esses produtos foram secos numa estufa a 60°C com circulação de ar por um tempo de 5-6h, obtendo-se os produtos expandidos com aproximadamente 4-5% de umidade. Estes foram moídos, em seguida, num moinho de martelo para se obter várias farinhas extrusadas de milho-soja com aproximadamente 4-7% de umidade.

Foram peneiradas 60g de farinha extrusada, durante 15min, num conjunto de sete peneiras arredondadas, vibratórias e com as aberturas das malhas variando de 20mesh (0,84mm) a 200mesh (0,074mm). Logo após, as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas e expressas em percentagens.

A absorção de água (AA) foi determinada, segundo o método descrito por SOSULSKI [33].

Foi determinada a percentagem de nitrogênio solúvel em água (NSA), conforme o método 46-23 descrito pela AACC [1], destacando-se pela técnica de lenta agitação. O índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) foi calculado pela relação:

$$\% \text{ ISN} = \frac{\% \text{ NSA}}{\% \text{ Nitrogênio Total}} \times 100$$

Determinou-se a percentagem de proteína dispersível em água (PDA), de acordo com o método 46-24, descrito pela AACC [1], destacando-se pela técnica de rápida agitação. O índice de dispersibilidade de proteína (IDP) foi calculado pela relação:

$$\% \text{ IDP} = \frac{\% \text{ PDA}}{\% \text{ Proteína Total}} \times 100$$

Foi analisada a atividade do inibidor de tripsina para as amostras que apresentaram maiores valores de AA, ISN e IDP, usando-se o método descrito por KAKADE, SIMONS, LIENER [20].

Para os resultados de composição centesimal aproximada das matérias-primas, classificação granulométrica, AA, NSA, ISN, PDA e IDP das farinhas extrusadas, foi usado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde foram feitas as análises de variância, com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Também foram determinados os coeficientes de correlação entre os parâmetros de propriedades funcionais.

A análise estatística foi realizada, conforme os métodos descritos por PIMENTEL GOMES [31] e COCHRAN & COX [9].

## 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta, em base seca, a composição centesimal aproximada da canjiquinha de milho, dos grãos de soja integrais e decorticados, e da farinha mista crua de milho-soja (70:30).

**TABELA 1.** Composição centesimal aproximada (% base seca) da canjiquinha de milho, dos grãos de soja integrais e decorticados, e da farinha mista crua de milho-soja (70:30)<sup>1</sup>.

Composição (%)	Canjiquinha de milho	Soja integral	Soja decorticada	Farinha mista crua	D.M.S.	C.V. (%)
Proteína bruta	7,84 D	41,16 B	44,57 A	18,38 C	1,34	1,97
Extrato etéreo	0,49 D	20,97 B	23,62 A	7,05 C	0,33	1,07
Cinzas	0,29 D	5,69 A	5,54 B	1,82 C	0,15	1,90
Fibra bruta	0,44 D	5,93 A	3,67 B	1,37 C	0,20	3,06
Carboidratos <sup>2</sup>	90,94 A	26,25 C	22,60 D	71,38 B	1,18	0,76

<sup>1</sup> As médias, na mesma linha, seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Calculado por diferença (100 - proteína - extrato etéreo - cinzas - fibra bruta).

Através desta tabela, observa-se que a composição centesimal aproximada obtida para a canjiquinha de milho foi semelhante àquela encontrada por BORGES *et al* [4]. A soja estudada apresentou maiores teores de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta do que a canjiquinha de milho, tendo sido superiores aos valores obtidos por MAIA *et al* [24], devido à diferença de cultivar e do ano de plantio. Os grãos de soja decorticados

mostraram maiores conteúdos de proteína bruta e extrato etéreo do que os da soja integral. O alto teor de fibra bruta encontrado para a soja integral indica que a casca contém grande quantidade deste componente. Por outro lado, a canjiquinha de milho mostrou o maior teor de carboidratos.

Verifica-se ainda que, os teores de proteína bruta (de 7,84 a 18,38%), extrato etéreo (de 0,49 a 7,05%), cinzas (de 0,29 a 1,82%) e fibra bruta (de 0,44 a 1,37%) aumentaram com a adição de soja (de 0 a 30%) na farinha de milho, sendo que o aumento foi mais notável nos conteúdos de proteína bruta e extrato etéreo. Porém, o percentual de carboidratos (de 90,94 a 71,38%) diminuiu com a adição de soja. Resultados quanto à composição centesimal aproximada da farinha mista crua de milho-soja (70:30) são semelhantes aos encontrados por GUTIÉRREZ & GÓMEZ [13].

A distribuição do tamanho de partículas das farinhas extrusadas de milho-soja (70:30) em diferentes temperaturas está apresentada na *Tabela 2*.

**TABELA 2.** Distribuição (%) do tamanho de partículas das farinhas extrusadas de milho-soja (70:30) em diferentes temperaturas<sup>1</sup>.

Temperatura de barril		Farinha extrusada	Mesh (tyler)							
Zona 3	Zona 4		20	40	60	80	100	150	200	Fundo < 200
90	110	A	0,10d	39,30ef	39,60d	10,20c	8,70a	1,90a	0,20a	0,00
	130	B	0,20cd	40,20d	38,00e	19,80a	1,80b	0,00b	0,00a	0,00
	150	C	1,00a	41,40c	34,60f	21,20a	1,40b	0,30b	0,10a	0,00
110	110	D	0,20cd	45,10a	34,10f	20,40a	0,20c	0,00b	0,00a	0,00
	130	E	0,20cd	40,10de	38,80de	20,70a	0,20c	0,00b	0,00a	0,00
	150	F	0,30c	35,80g	43,10b	20,60a	0,20c	0,00b	0,00a	0,00
130	130	G	0,50b	42,60b	41,10c	15,70b	0,10c	0,00b	0,00a	0,00
	150	H	0,60b	35,10g	44,40a	19,90a	0,00c	0,00b	0,00a	0,00
150	150	I	0,60b	39,00f	43,10b	17,30b	0,00c	0,00b	0,00a	0,00
D.M.S.			0,16	0,81	1,04	1,66	0,71	0,49	0,21	-
C.V. (%)			14,04	0,71	0,92	3,15	17,66	69,53	223,61	0

<sup>1</sup> As médias, na mesma coluna, seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Temperatura no extrusor: zona 1, 60°C (constante); zona 2, 90°C (constante).

Através dos dados apresentados, verifica-se que a distribuição do tamanho de partículas das farinhas extrusadas de milho-soja não foi afetada pelas diferentes temperaturas de barril (TB) usadas no extrusor, indicando que houve homogeneidade no tamanho de partículas nessas farinhas. Exceto para farinhas submetidas à TB a 60-90-90-110°C, a maioria das partículas (98,00 a 99,60%) das farinhas extrusadas foram retidas nas peneiras de 40 a 80mesh. A TB correspondente a 60-90-90-110°C não foi suficiente para aumentar o tamanho de partícula das farinhas extrusadas de milho-soja, sugerindo-se a menor possibilidade da interação entre os componentes das mesmas nesta TB.

Absorção de água (AA), nitrogênio solúvel em água (NSA), índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), proteína dispersível em água (PDA) e índice de dispersibilidade de proteína (IDP) das farinhas extrusadas de milho-soja (70:30) em diferentes temperaturas estão mostradas na *Tabela 3*.

**TABELA 3.** Absorção de água (AA), nitrogênio solúvel em água (NSA), índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), proteína dispersível em água (PDA) e índice de dispersibilidade de proteína (IDP) das farinhas extrusadas de milho-soja (70:30) em diferentes temperaturas<sup>1</sup>.

Temperatura de barril		Farinha extrusada	AA (% b.s.)	NSA (% b.s.)	ISN (%)	PDA (% b.s.)	IDP (%)
zona 3	zona 4						
90	110	A	464,13e	0,13b	4,36d	0,65g	3,58g
	130	B	481,54d	0,13b	4,50cd	0,71f	3,88f
	150	C	479,28d	0,14b	4,59cd	0,91c	4,97c
110	110	D	478,86de	0,13b	4,38d	0,83e	4,56e
	130	E	489,83cd	0,14b	4,68bcd	0,85de	4,67de
	150	F	484,93cd	0,15ab	4,90bcd	0,92c	4,99c
130	130	G	497,68c	0,15ab	5,16abc	0,89cd	4,85cd
	150	H	523,39b	0,17a	5,69a	1,13a	6,18a
150	150	I	546,80a	0,15ab	5,33ab	1,04b	5,67b
D.M.S.			15,12	0,03	0,68	0,04	0,23
C.V. (%)			1,07	7,14	4,93	1,79	1,64

<sup>1</sup> As médias, na mesma coluna, seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Temperatura no extrusor: zona 1, 60°C (constante); zona 2, 90°C (constante).

Nota-se que os valores de AA aumentaram, à medida que aumentava a TB tanto na zona 3 quanto na zona 4. Resultados semelhantes de AA foram verificados por GONZÁLEZ *et al.* [11] e GUTIÉRREZ & GÓMEZ [13], os quais constataram que a AA está relacionada com a capacidade de intumescimento dos grânulos de amido, enquanto que se mantem a morfologia dos mesmos. Segundo esses autores, a AA do amido de milho aumentou com o aumento da temperatura do extrusor até 140°C nos níveis de umidade entre 25 e 35%, além do qual, a AA passou a diminuir, devido à alteração da integridade dos grânulos de amido. A redução de AA do amido de milho extrusado com o aumento da TB (80 a 160°C) foi também verificada por TANG & DING [34] em baixo conteúdo de umidade (20%).

De acordo com GOMEZ & AGUILERA [10], as modificações que ocorrem com a AA no processo de extrusão podem depender, não só da disponibilidade de grupos hidrofílicos que ligam as moléculas de água, mas também da capacidade formadora de gel das macromoléculas como farinha de milho gelatinizada ou dextrinizada.

O efeito da proteína na AA é bastante discutível. NATH & RAO [27] constataram existência de uma conformação de proteína, permitindo que os sítios ligantes sejam estericamente disponíveis para a interação com as moléculas de água. O impedimento estérico destes sítios pode resultar em baixos valores de AA. Conforme WAGNER & AÑON [38], uma alta hidrofobicidade na superfície de proteínas desnaturadas do isolado protéico de soja, pode promover a formação de uma matriz de proteína (estabilizada pelas interações hidrofóbicas) capaz de reter quantidade significativa de água em sua estrutura. Além disso, um baixo número de grupos -SH também é um fator determinante da AA. Num conteúdo semelhante de grupos -SH, um aumento na hidrofobicidade da estrutura de proteínas pode produzir

um incremento da AA, enquanto que na mesma hidrofobicidade, um aumento de grupos -SH pode induzir uma perda da AA. Por outro lado, numa proteína completamente desnaturada, pode ser encontrada uma baixa AA.

A proteína de soja diminui a AA do amido de arroz, sendo verificada por vários autores [6, 7, 23, 28], os quais demonstraram que a AA é o resultado do amido gelatinizado e dos componentes insolúveis. Assim, segundo GUJSKA & KHAN [12], a natureza do amido e da proteína, e o tipo dos complexos de amido-proteína formados podem ter afetado AA.

Por outro lado, HORVÁTH *et al.* [17] observaram que as farinhas de soja extrusadas à temperatura de 120 e 160°C, respectivamente, mostraram os mesmos valores de AA. Porém, a AA diminuiu quando a temperatura de extrusão aumentou para 200°C. Resultados semelhantes foram também encontrados no presente trabalho, usando-se TB de 90-130 e 90-150°C, e, 110-130 e 110-150°C, nas respectivas zonas 3 e 4.

A AA é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, segundo JAMES & SLOAN [19], para os quais, valores altos de AA são importantes para ajudar a manter a umidade dos mesmos. Desta maneira, os valores altos da AA encontrados nas farinhas extrusadas de milho-soja estudadas, podem ser desejáveis na utilização destas nos produtos cárneos e de panificação, pois permite a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio.

De acordo com WHALEN *et al.* [43], as modificações que ocorrem durante o processo de extrusão nos materiais contendo amido, são algo refletidas pela sua solubilidade e absorção em água, as quais são respostas de produtos como dextrinas, polímeros grandes, amidos intumescidos, entrelaçamentos de polímeros pequenos, formados na transformação de seu amido.

Analisando-se ainda a *Tabela 3*, verifica-se que os valores de NSA, ISN, PDA e IDP aumentaram à medida que se aumentou a TB tanto na zona 3 quanto na zona 4, exceto para aquelas submetidas à TB de 60-90-150-150, as quais mostraram valores em decréscimo.

BORDERÍAS & MONTERO [3] relataram que a solubilidade de proteína depende diretamente da proporção dos grupos hidrofóbicos localizados no centro da molécula, e dos grupos hidrofílicos localizados na superfície.

HORVÁTH *et al.* [17] verificaram que o ISN da farinha de soja diminuiu com o aumento da temperatura de extrusão, sendo grande variação (de 62,2 a 15,5%) observada quando a temperatura de matriz aumentou de 120 a 160°C. De forma semelhante, ZHU, RIAZ, LUSAS [45] observaram que o IDP diminuiu significativamente, enquanto que a temperatura de extrusão aumentava, exceto para 116°C. Um aumento no conteúdo de umidade (de 9,2 para 16,3%) na soja, durante a extrusão, resultou também num rápido e significativo decréscimo de IDP (de 68,4 para 24,2%).

A diminuição da solubilidade de proteína pode ser devido, conforme HORVÁTH & CZUKOR [16], ao fato da

ocorrência de desnaturação das proteínas de soja, e de acordo com PHAM & DEL ROSÁRIO [30], esta redução pode ser atribuída às interações não covalentes entre cadeias de polipeptídeos, à formação de novas ligações dissulfídicas ou de ligações não peptídicas envolvendo grupos carboxílicos e aminícos.

Por outro lado, NOGUCHI *et al.* [28] relataram que, apesar da diminuição da solubilidade do isolado protéico de soja (IPS) causada por extrusão, houve uma alta solubilidade de proteína quando o IPS e a farinha de arroz foram extrusados simultaneamente, mostrando um “efeito protetor” do amido de arroz ou de outros constituintes não-protéicos contra a formação de interações não covalentes, ligações dissulfídicas e outras covalentes. Resultados semelhantes foram também verificados por NYANZI & MAGA [29], os quais constataram que, a mistura de amido de milho e IPS extrusada a 150°C apresentou maior solubilidade de proteína do que aquela submetida a 100°C, o que foi atribuído, segundo os mesmos autores, à clivagem térmica de certos polipeptídeos susceptíveis a 150°C.

Portanto, sugere-se que no presente trabalho, o aumento da TB tenha contribuído para a desnaturação da proteína, o que por consequência, pode ter resultado numa hidrólise da proteína, favorecendo posteriormente a reação de Maillard com amidos fragmentados como maltose e glicose, explicando-se desta forma, o aumento da solubilidade de proteína verificado até TB de 130-150°C nas respectivas zonas 3 e 4, e também o seu decréscimo encontrado além desta.

O ISN teve correlação positiva com o NSA, apresentando coeficiente de correlação igual a 0,9196, significativo ao nível de 5% de probabilidade, mostrando que o ISN aumentou com o aumento do NSA. O mesmo comportamento foi observado entre IDP e PDA, apresentando coeficiente de correlação igual a 0,9974, significativo ao nível de 5% de probabilidade. Foram verificadas correlações positivas entre NSA x PDA e ISN x IDP da farinha extrusada de milho-soja, apresentando coeficientes de correlação respectivamente iguais a 0,7371 e 0,7959, significativos ao nível de 5% de probabilidade, embora acredite-se que nem sempre a PDA contribua para o NSA, ou seja, uma proteína pode ser dispersível em água, mas ela não é necessariamente solúvel em água. Porém, o IDP e o ISN são intimamente relacionados, o que é demonstrado por VOLKERT & KLEIN [37] num estudo do IDP e por HUTTON & CAMPBELL [18] num estudo do ISN em diferentes produtos de soja (isolado, concentrado e flocos). Os resultados obtidos com o IDP foram semelhantes àqueles encontrados com o ISN.

A solubilidade de proteína (NSA, ISN, PDA e IDP) da farinha extrusada de milho-soja se correlacionou positivamente com a AA, apresentando coeficientes de correlação respectivamente iguais a 0,5718, 0,7689, 0,8038 e 0,8032, significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo HUTTON & CAMPBELL [18], a solubilidade (ISN) e a AA podem ser relacionadas até certo ponto, talvez até a máxima hidratação, além da qual, a solubilidade pode continuar a aumentar, mas a hidratação não.

Pode também ocorrer o contrário, CHEFTEL, CUQ, LORIENT [8] afirmaram que a AA aumenta com a diminuição da solubilidade.

Não houve nenhuma atividade do inibidor de tripsina (AIT) nas farinhas extrusadas de milho-soja (70:30) selecionadas, indicando que para as farinhas extrusadas contendo 30% de soja, as TB adequadas no processo de extrusão para inativarem o inibidor de tripsina foram iguais a 60-90-90-150 (C), 60-90-110-150 (F) e 60-90-130-130°C (G), respectivamente.

GUZMAN, MURPHY, JOHNSON [14] observaram que a inativação da AIT aumentou com o aumento das temperaturas de saída do extrusor (de 120 a 160°C), sendo que a mesma foi mais dependente da temperatura em mistura de 70% de soja para 30% de milho, e menos dependente em mistura de 80% de soja para 20% de milho.

De acordo com LORENZ & JANSEN [22], a inativação da AIT aumentou para 80% com a adição de água para uma mistura crua. Uma adição de 3% de água aumentou a inativação da AIT de 30,6 para 53,7% em grãos de soja integrais e de 39,1 para 67,8% em grãos de soja decorticados.

#### 4 – CONCLUSÕES

Nas condições experimentais utilizadas (Extrusor Brabender de dupla rosca com as seguintes especificações: velocidade de alimentação constante de 20,8Kg/h, velocidade da rotação de parafuso de 100rpm e diâmetro de matriz de 5mm) na realização deste trabalho e de acordo com os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

- O aumento da temperatura de barril (TB) nas zonas 3 e 4 do extrusor causou um aumento na absorção de água, nitrogênio solúvel em água, índice de solubilidade de nitrogênio, proteína dispersível em água e índice de dispersibilidade de proteína das farinhas extrusadas de milho-soja (70:30).

#### 5 – REFERÊNCIAS

- [1] AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9.ed. St. Paul:AACC, 1995.
- [2] BOOKWALTER, G.N.; MUSTAKAS, G.C.; KWOLEK, W.F.; Mc GHEE, J.E.; ALBRECHT, W.J. Full-fat soy flour extrusion cooked: properties and food uses. **Journal of Food Science**, v.36, n.1, p.5-9, 1971.
- [3] BORDERÍAS, A.J.; MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.28, n.2, p.159-169, 1988.
- [4] BORGES, G.G.; WANG, S.H.; CABRAL, L.C.; MAIA, L.H.; ASCHERI, J.L.R. Caracterización química de papillas deshidratadas de grits de maíz e soya. **Alimentaria**, v.36, n.305, p.111-114, 1999.
- [5] BRESSANI, R.; HERNANDEZ, E.; CÓLON, A.; WOLZAK, A.; GÓMEZ-BRENES, R. Efecto suplementario de tres fuentes de proteína de soya sobre diferentes selecciones o productos de maíz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.31, n. 1, p.52-62, 1981.
- [6] CHAUHAN, G.S.; BAINS, G.S. Effect of defatted soy flour on the physico-chemical characteristics of extruded rice products. **Journal of Food Science and Technology**, v.22, n.2, p.115-118, 1985.
- [7] CHAUHAN, G.S.; BAINS, G.S. Effect of some extruder variables on physico-chemical properties of extruded rice-legume blends. **Food Chemistry**, v.27, n.3, p.213-224, 1988.
- [8] CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.
- [9] COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**, 2.ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.
- [10] GOMEZ, M.H.; AGUILERA, J.M. Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn. **Journal of Food Science**, v.48, n.2, p.378-381, 1983.
- [11] GONZÁLEZ, R.J.; TORRES, R.L.; DE GREEF, D.M.; GORDO, N.A. Evaluación de almidón de maíz pecocido por extrusión-cocción. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.26, n.4, p.552-564, 1986.
- [12] GUJSKA, E.; KHAN, K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. **Journal of Food Science**, v.56, n.2, p.431-435, 1991.
- [13] GUTIÉRREZ, M.V.G. de; GÓMEZ, M.H. Modelo para la extrusion de mezclas maíz:soja (70:30). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.37, n.3, p.494-502, 1987.
- [14] GUZMAN, G.J.; MURPHY, P.A.; JOHNSON, L.A. Properties of soybean-corn mixtures processed by low-cost extrusion. **Journal of Food Science**, v.54, n.6, p.1590-1593, 1989.
- [15] HERMANSSON, A.M. Methods of studying functional characteristics of vegetable proteins. **Journal of the American Oil Chemist' Society**, v.56, n.3, p.272-278, 1979.
- [16] HORVÁTH, E.; CZUKOR, B. Effect of extrusion temperature and initial moisture content on the protein solubility and distribution in full fat soybean. **Acta Alimentaria**, v.22, n.2, p.151-167, 1993.
- [17] HORVÁTH, E.; PETRES, J.; GELENCSE, É.; CZUKOR, B. Effect of extrusion temperature on physico-chemical properties and biological value of soybean-protein. **Acta Alimentaria**, v.18, n.2, p.199-211, 1989.
- [18] HUTTON, C.W.; CAMPBELL, A.M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems; nitrogen solubility index and water absorption. **Journal of Food Science**, v.42, n.2, p.454-456, 1977.
- [19] JAMES, C.; SLOAN, S. Functional properties of edible rice bran in model systems. **Journal of Food Science**, v.49, n.1, p.310-311, 1984.
- [20] KAKADE, M.L.; SIMONS, N.R.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, v.46, n.5, p.518-526, 1969.
- [21] KILARA, A.; SHARKASI, T.Y. Effects of temperature on food proteins and its implications on functional properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.23, n.4, p.323-395, 1986.
- [22] LORENZ, K.; JANSEN, G.R. Nutrient stability of full-fat soy flour and corn-soy blends produced by low-cost extrusion. **Cereal Foods World**, v.25, n.4, p.161-162 and 171-172, 1980.
- [23] MAIA, L.H.; WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; CABRAL, L.C.; FERNANDES, M.S. Viscosidade de pasta, absorção de

- água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.19, n.3, p.391-396, 1999.
- [24] MAIA, L.H.; WANG, S.H.; FERNANDES, M.S.; CABRAL, L.C. Características químicas dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, n.3, p.416-423, 2000.
- [25] MATTIL, K.F. The functional requirements of proteins for foods. **Journal of the American Oil Chemist' Society**, v.48, n.2, p.477-484, 1971.
- [26] MOLINA, M.R.; BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. Some characteristics of whole corn:whole soybean (70:30) and rice:whole soybean (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. **Journal of Food Science**, v.48, n.2, p.434-437, 1983.
- [27] NATH, J.P.; RAO, M.S.N. Functional properties of guar proteins. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1255-1259, 1981.
- [28] NOGUCHI, A.; KUGIMIYA, W.; HAQUE, Z.; SAIO, K. Physical and chemical characteristics of extruded rice flour and rice flour fortified with soybean protein isolate. **Journal of Food Science**, v.47, n.1, p.240-245, 1981.
- [29] NYANZI, F.A.; MAGA, J.A.; Effect of processing temperature on detergent-solubilized protein in extrusion-cooked cornstarch/soy protein subunit blends. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.1, p.131-133, 1992.
- [30] PHAM, C.B.; DEL ROSARIO, R.R. Studies on the development of texturized vegetable products by the extrusion process. **Journal of Food Technology**, v.19, n.5, p.535-547, 1984.
- [31] PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: Nobel, 1991. 468p.
- [32] SHEARD, P.R.; FELLOWS, A.; LEDWARD, D.A.; MITCHELL, J.R. Macromolecular changes associated with the heat treatment of soya isolate. **Journal of Food Technology**, v.21, n.1, p.55-60, 1986.
- [33] SOSULSKI, F.W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry**, v.39, n.4, p.344-350, 1962.
- [34] TANG, J.; DING, X.L. Relationship between functional properties and macromolecular modifications of extruded corn starch. **Cereal Chemistry**, v.71, n.4, p.364-369, 1994.
- [35] VAN DE KAMER, J.H.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, v.29, n.4, p.239-251, 1952.
- [36] VISSER, A.; THOMAS, A. Review: Soya protein products - their processing, functionality, and application aspects. **Food Reviews International**, v.3, n.1-2, p.1-32, 1987.
- [37] VOLKERT, M.A.; KLEIN, B.P. Protein dispersibility and emulsion characteristics of flour soy products. **Journal of Food Science**, v.44, n.1, p.93-96, 1979.
- [38] WAGNER, J.R.; AÑON, M.C. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulphydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. **Journal of Food Science**, v.55, n.3, p.765-770, 1990.
- [39] WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; OLIVEIRA, M.F.; FERNANDES, M.S. Características tecnológicas y sensoriales de harinas de arroz-soya (70:30) extruídas para uso como papilla instantánea. **Alimentaria**, v.38, n.324, p.77-84, 2001.
- [40] WANG, S.H.; BORGES, G.G.; CABRAL, L.C.; ARAUJO, F.B. Efeito da proporção canjiquinha:soja na solubilidade, dispersibilidade e propriedades emulsificantes de mingaus desidratados obtidos a partir de diferentes proporções desses ingredientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.2, p.357-362, 2001.
- [41] WANG, S.H.; SILVA, F.C.; BORGES, G.G.; ASCHERI, J.L.R.; CABRAL, L.C. Propiedades reológicas y sensoriales de papillas reconstituídas a base de grits de maíz y soya. **Alimentaria**, v.36, n.305, p.135-140, 1999.
- [42] WANG, S.H.; ZOIA, W.F. Propriedades funcionais de misturas de fubá mimoso e farinha de soja desengordurada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1979-1985, 1994.
- [43] WHALEN, P.J.; BASON, M.L.; BOOTH, R.I.; WALKER, C.E.; WILLIAMS, P.J. Measurement of extrusion effects by viscosity profile using the rapid viscoanalyser. **Cereal Foods World**, v.42, n.6, p.469-475, 1997.
- [44] YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; TODA, J.; WADA, T.; ISHI, K. Effect of addition of soybean products on dough properties. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.36, n.5, p.729-735, 1972.
- [45] ZHU, S.; RIAZ, M.N.; LUSAS, E.W. Effect of different extrusion temperatures and moisture content on lipoxigenase inactivation and protein solubility in soybeans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.10, p.3315-3318, 1996.
- [46] ZOIA, W.F.; WANG, S.H.; SGARBIERI, V.C. Características sensoriais e nutricionais de angus fortificados com diferentes níveis de farinha de soja desengordurada. **Alimentos e Nutrição**, v.8, p.49-56, 1997.