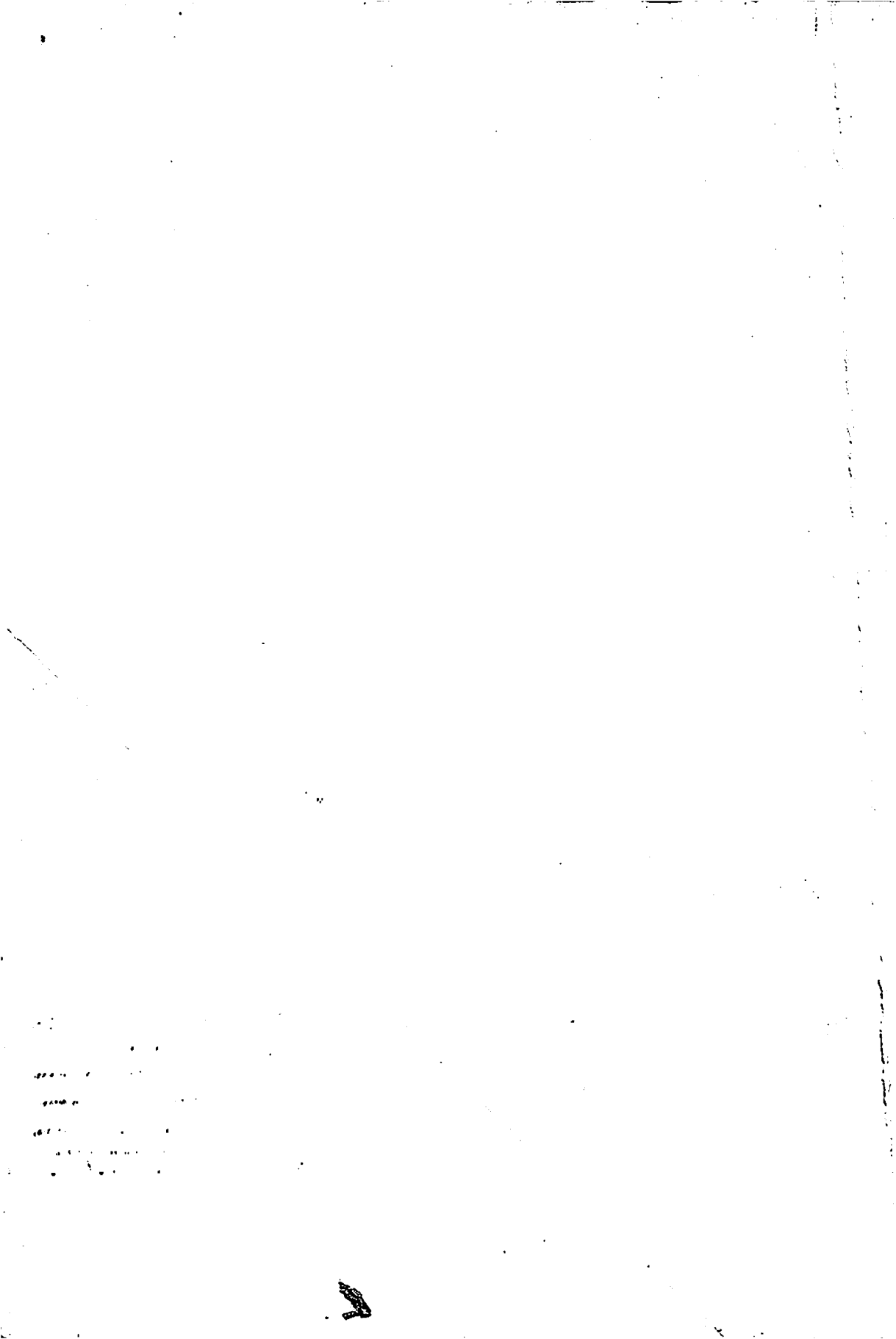


**EXTRATO HIDROSSOLÚVEL
DESIDRATADO DE ARROZ E SOJA**

SIMONE MIRANDA FERNANDES

1998



SIMONE MIRANDA FERNANDES

EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DESIDRATADO DE ARROZ E SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração: Química e Bioquímica de Alimentos, para a obtenção do título de “Mestre”

Orientadora

Profª Drª. Sin-Huei Wang

DED-UFRRJ

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1998

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Fernandes, Simone Miranda.

Extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja / Simone Miranda
Fernandes. – Lavras : UFLA, 1998.
99 p. : il.

Orientador: Sin-Huei Wang.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Arroz. 2. Soja. 3. Extrato hidrossolúvel. 4. Extrato hidrossolúvel desidratado. 5. Propriedade funcional. 6. Propriedade reológica. 7. Composição química. 8. Análise sensorial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.6

SIMONE MIRANDA FERNANDES

EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DESIDRATADO DE ARROZ E SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração: Química e Bioquímica dos Alimentos para a obtenção do título de "Mestre"

APROVADA em de de 1998

Dr^a. Vânia Déa de Carvalho

UFLA

Dr. Lair Chaves Cabral

EMBRAPA-CTAA

Sin-Huei Wang

Prof^a Dr^a. Sin-Huei Wang

DED-UFRRJ

(Orientadora)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

**“Para ser feliz o sábio olha para
baixo e nunca para cima, a não
ser para elevar sua alma ao
infinito”**

KARDEC, Allan

**Aos meus pais: Iran e Neide
Aos meus irmãos: Júnior e Verônica**

DEDICO

**Aos meus sobrinhos: Marcos Paulo
e Kaio Vinicius**

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus caminhos e ser alimento do meu espírito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Em especial, à professora Dr^a. Sin-Huei Wang, pela amizade, dedicação, eficiente orientação e estímulo no decorrer do curso.

Ao Dr. Lair Chaves Cabral, pela co-orientação e permissão do uso de laboratórios CTAA-EMBRAPA.

A Luciana Helena Maia e Flávia Batista de Araujo, pela ajuda nas análises físico-químicas.

A Sérgio Pontes e Fernando Cascardo, pela ajuda no processamento e nas análises reológicas.

Ao prof^o Luiz Henrique de Aquino pela orientação nas análises estatísticas.

Aos amigos Pedro Tomé, Josiane Aparecida, Jorge Eduardo, Benedita, Joelma, Luciana, Vanêa Déa, Rogério, Rosemary, Adimilson Chitarra, Paula Karina e Geraldo pelo apoio e amizade.

Aos funcionários do CTAA-EMBRAPA, pela ajuda e carinho demonstrados durante a realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do DCA, que contribuíram direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Propriedades funcionais do arroz ou/e soja	3
2.2 Propriedades reológicas do arroz ou/e soja	9
2.3 Características sensoriais da mistura de arroz e soja	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Material	13
3.2 Métodos	14
3.2.1 Composição centesimal aproximada dos grãos de arroz e soja	14
3.2.2 Obtenção do extrato hidrossolúvel desidratado	14
3.2.3 Determinação química do extrato hidrossolúvel desidratado	15
3.2.4 Determinação da atividade do inibidor de tripsina do extrato hidrossolúvel desidratado	15
3.2.5 Propriedades funcionais do extrato hidrossolúvel desidratado	16
3.2.5.1 Viscosidade de pasta	16
3.2.5.2 Absorção de água (AA)	17
3.2.5.3 Índice de solubilidade na água (ISA)	17
3.2.5.4 Índice de solubilidade de nitrogênio (ISN)	17
3.2.5.5 Índice de dispersibilidade de proteína (IDP)	17
3.2.5.6 Absorção de gordura (AG)	18
3.2.5.7 Propriedades emulsificantes	18

	Página
3.2.5.8 Propriedades espumantes	18
3.2.6 Preparo da bebida reconstituída	19
3.2.7 Composição química da bebida reconstituída	19
3.2.8 Propriedades reológicas da bebida reconstituída	19
3.2.9 Avaliação sensorial da bebida reconstituída e formulada	20
3.2.10 Análise estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Composição centesimal aproximada dos grãos de arroz e soja	23
4.2 Caracterização química do extrato hidrossolúvel desidratado	23
4.3 Atividade do inibidor de tripsina do extrato hidrossolúvel desidratado	33
4.4 Propriedades funcionais do extrato hidrossolúvel desidratado	37
4.5 Composição química e comportamento reológico da bebida reconstituída	65
4.6 Características sensoriais da bebida reconstituída e formulada	71
5 CONCLUSÕES	74
6 RECOMENDAÇÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	85

RESUMO

FERNANDES, Simone Miranda. **Extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja**. Lavras, UFLA, 1998. 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos) .

O presente trabalho foi realizado no CTAA-Embrapa (RJ, Brasil) e no DED-UFRRJ (Brasil). Com o objetivo de obter um extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja com melhores propriedades funcionais, e que apresente boas propriedades reológicas e sensoriais quando reconstituído na forma de bebida, foram misturados arroz e soja nas proporções de 100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40 e 50:50%, respectivamente. O processo utilizado para sua obtenção foi: maceração do arroz e da soja, desintegração, centrifugação, adição de ácido cítrico, fervura e secagem por atomização. (Através das análises químicas e de propriedades funcionais, foi verificado que o aumento das proporções de soja (0 a 50%) resultou, num aumento dos conteúdos de proteína, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta, fósforo, cálcio, potássio, magnésio, ferro, cobre e zinco, da temperatura de viscosidade máxima, do índice de solubilidade na água, do nitrogênio solúvel na água, da absorção de gordura, das propriedades emulsificantes e da sinérese de espuma, bem como numa diminuição no percentual de carboidrato, sódio, cobalto, cromo e alumínio, da viscosidade máxima, da absorção de água, do índice de solubilidade de nitrogênio, do índice de dispersibilidade de proteína e da expansão e volume de espuma. Contudo, a viscosidade mínima à temperatura constante, a viscosidade final no ciclo de resfriamento, e a proteína dispersível na água aumentaram até um máximo na proporção de 10% de soja, além do qual, diminuíram com o aumento das proporções de soja (10 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados. Os mesmos foram reconstituídos na forma de bebida em água, na proporção de 1:14 de mistura:água e posteriormente, verificadas suas composição e propriedades reológicas. Exceto para o controle (0% de soja), os demais extratos hidrossolúveis desidratados foram reconstituídos e formulados na forma de bebida com açúcar (18%), sal (0,2%) e aromatizante de abacaxi (0,6%), sendo submetidas à avaliação sensorial. Os resultados obtidos indicaram que, as bebidas reconstituídas e formuladas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja nas respectivas proporções de 90:10; 80:20; 70:30 e 60:40%, mostraram melhores aparência e consistência, sendo que aquelas com 20 e 30% de soja apresentaram o melhor sabor. A amostra com 30% de soja foi a mais

* Comitê Orientador: Sin-Huei Wang - UFRRJ (Orientadora), Vânia Déa de Carvalho - UFLA e Lair Chaves Cabral - CTAA-Embrapa.

preferida, apresentando viscosidade aparente de 3,6 cp, tendo comportamento ligeiramente pseudoplástico. Através destes resultados, recomendam-se os extratos hidrossolúveis desidratados com 20 e 30% de soja respectivamente, para o uso em produtos cárneos, de panificação, de confeitaria e de chocolataria, sopas, molhos, creme e bebidas. Entretanto, os extratos hidrossolúveis desidratados com 0 e 10% de soja respectivamente, são recomendados para o uso em bolos, pães, merengues e coberturas de bolo, enquanto que aqueles com 40 e 50% de soja, são considerados mais importantes para o uso em extensores de carne, queijos processados e maioneses.

ABSTRACT

FERNANDES, Simone Miranda. **Dehydrated water soluble extract of rice - soybean**. Lavras: UFLA, 1998. 99p. (Dissertation - Master of Food Science).

The experiment was undertaken in CTAA-Embrapa (RJ, Brazil) and in DED-UFRRJ (Brazil). The objective of the present study was to obtain a dehydrated water-soluble extract of rice-soybean with better functional properties which would present good rheological and sensory properties when reconstituted. Rice and soybean were mixed in proportions of 100:00, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50, respectively. The process used included: soaking of rice and soybean, disintegration, centrifugation, addition of citric acid, boiling and spray drying. Functional properties and chemical analysis showed that an increase in the proportion of soybean (0 to 50%) resulted in an increase in the content of protein, oil, ash, crude fiber, phosphorus, calcium, potassium, magnesium, iron, copper and zinc, the maximum viscosity temperature, water solubility index, water soluble nitrogen, fat absorption, emulsifying properties and foam syneresis, as well as a decrease in the percentage of carbohydrates, sodium, cobalt, chromium and aluminum, maximum viscosity, water absorption, the nitrogen solubility index, protein dispersibility index and the expansion and volume of foam. The minimum viscosity at constant temperature, final viscosity during the cooling cycle and water dispersible protein increased to a maximum with the proportion of 10% soybean, and diminished with an increase in the proportions of soybean (10 to 50%) for the dehydrated water-soluble extracts. These same extracts were reconstituted in water in the proportion of 1:14, powdered extract:water, and their composition and rheological properties verified. With the exception of the control (0% soybean), all dehydrated water-soluble extracts were reconstituted and formulated with sugar (18%), salt (0.2%) and pineapple flavoring (0.6%), and submitted to sensory analysis. The results obtained indicated that the beverages reconstituted and formulated from the dehydrated water-soluble extracts of rice-soybean in the proportions of 90:10, 80:20, 70:30 and 60:40 showed better appearance and consistency, and those with 20 and 30% soybean showed the best flavor. The extract with 30% soybean was the most preferred, presenting an apparent viscosity of 3.6 cp, having a slightly pseudoplastic behavior. Through the obtained results, the dehydrated water-soluble extracts with 20 and 30% soybean are recommended for use in

* Guidance Committee: Sin-Huei Wang - UFRRJ (Major professor), Vânia Déa de Carvalho - UFLA and Lair Chaves Cabral - CTAA-Embrapa.

meat products, bakery products, confectionary products, chocolates, soups, sauces, creams and beverages, whereas those with 0 and 10% soybean are recommended for use in cakes, breads, merengue and cake frostings, and those with 40 and 50% soybean are considered more important for use as meat extenders, processed cheeses and mayonnaise.

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional, aliado à baixa disponibilidade e alto custo dos produtos de origem animal, tem incentivado a introdução de alimentos vegetais alternativos mais baratos e de bom valor nutritivo às classes de baixo poder aquisitivo.

O arroz é uma importante fonte de calorias e proteínas (rica em metionina) na alimentação de mais da metade da população mundial. Apresenta, entre os cereais, maior digestibilidade, maior valor biológico e o mais elevado quociente de eficiência protéica (PER), apesar da sua deficiência em lisina.

Paralelamente a isto, a soja além de conter cerca de 20% de óleo comestível, apresenta aproximadamente 40% de proteína rica em lisina e encerra quantidade apreciável de sais minerais, vitaminas e carboidratos, apesar da sua deficiência em metionina.

O Brasil é produtor de arroz e soja, e a adição de soja ao arroz implica na complementação mútua de aminoácidos, fazendo com que a qualidade da proteína desta mistura seja melhorada. Além da melhoria na qualidade protéica-calórica, a soja tem contribuído para as propriedades funcionais em sistemas alimentares, como na fabricação de bebidas, molhos, sopas, salsichas, *hamburges*, e outros.

Apesar do reconhecimento do valor nutritivo e das propriedades funcionais da soja, sua utilização como ingrediente de muitos produtos alimentícios tem sido limitada devido ao seu sabor de feijão cru (*beany flavor*). Esse sabor é causado pela atividade da lipoxigenase durante o rompimento do grão de soja.

Numerosas tentativas têm sido feitas para a melhoria de sabor dos produtos de soja. Os métodos mais utilizados são: (a) moagem do grão com água quente; (b) branqueamento; (c) moagem do grão em baixo pH, seguido de cozimento e (d) maceração do grão em meio alcalino. Os produtos obtidos

através destes processos têm melhor sabor, porém, pode ocorrer perda de solubilidade das proteínas, diminuindo a sua extratibilidade.

Considerando-se que não há dados disponíveis sobre a elaboração do extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja, foi realizado o presente trabalho com os seguintes objetivos:

Objetivo geral

– Utilizar grãos de arroz e soja em diferentes proporções para elaborar um extrato hidrossolúvel desidratado com melhores propriedades funcionais, e que apresente boas propriedades reológicas e sensoriais quando reconstituído na forma de bebida.

Objetivos específicos

– Estudar a composição química e as propriedades funcionais dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja.

– Verificar propriedades reológicas e sensoriais destes extratos hidrossolúveis desidratados quando reconstituídos na forma de bebida, estudando-se suas correlações.

– Recomendar as possibilidades de utilização destes extratos hidrossolúveis desidratados em produtos alimentícios, através das propriedades funcionais obtidas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Propriedades funcionais do arroz ou/e soja

Juliano e Hicks (1996) relataram que a qualidade comestível do arroz e de seus produtos é influenciada por suas propriedades funcionais, as quais dependem de sua composição química, sendo que a proporção de amilose para amilopectina no amido é a que mais afeta estas propriedades. Tal proporção correlaciona negativamente com escores obtidos pelo painel para coesividade, maciez e brilho do arroz cozido. O arroz ceroso é usado em doces, bolos e molhos; o arroz com baixo conteúdo de amilose, em alimentos infantis e cereais matinais; o arroz com conteúdo intermediário de amilose, em sopas enlatadas e bolos de arroz fermentado e o arroz com alto conteúdo de amilose, em macarrões de arroz.

Segundo Bean (1986), quando o arroz é moído ou atomizado até farinha, o estudo das propriedades desta deve ser focalizado principalmente, nas características do amido.

Rani e Bhattacharya (1985) verificaram que em pastas de arroz cozidas de concentração de 10 a 12%, a viscosidade diminuiu sucessivamente desde o arroz com alto teor de amilose, contendo muita amilose insolúvel em água, até o arroz com pouca ou nenhuma amilose. Por outro lado, em pasta de concentração a 3%, a viscosidade diminuiu inversamente.

Gantwerker e Leong (1984) obtiveram patente de um processo para preparar um mingau desidratado e instantâneo para bebês, usando uma mistura gelatinizada de farinha de cereal-água com viscosidade reduzida. Esta redução de viscosidade foi obtida através de um método, através do qual a pasta de farinha de cereal-água, com um conteúdo de sólidos na faixa de 14 a 30%, foi gelatinizada e logo sujeita a uma deformação mecânica.

Abdel-Aal et al. (1986) reportaram que o isolado protéico e a farinha de arroz foram comparados quanto à composição química aproximada e propriedades funcionais, bem como aos análogos de salsicha nos níveis de 20, 30 e 40%, sendo que o isolado protéico foi mais preferível do que a farinha, em todos os níveis de substituição.

Hammond (1994) concluiu que as frações ricas em nutrientes do farelo de arroz podem ser extraídas e separadas em produtos acabados, os quais maximizam seus benefícios nutricionais e funcionais.

James e Sloan (1984) verificaram que o farelo de arroz extrudado e desengordurado absorveu o máximo de água e de gordura e obteve o máximo de capacidade e de estabilidade de espuma, em relação ao farelo de arroz extrudado integral; ao farelo de arroz e ao farelo de arroz desengordurado processado por X-M. Este último mostrou comportamento muito similar àquele do farelo de trigo e o farelo de arroz extrudado integral absorveu o mínimo de água e de gordura em relação aos demais, não formando espumas. Segundo os mesmos autores, as boas capacidade e estabilidade de espuma, bem como a absorção de água e de gordura são importantes para aplicações em produtos de forno, merengues, bolos, pães e extensores de carne.

Bera e Mukherjee (1989) prepararam concentrados protéicos com farelos de arroz cru integral e desengordurado, e verificaram que, abaixo e acima do ponto isoelétrico (pH 4,5), a solubilidade de nitrogênio aumentou, sendo maior com a elevação do pH, melhorando consideravelmente suas propriedades funcionais. Em concentração alta de sal, a solubilidade de nitrogênio foi reduzida, o que alterou também as propriedades emulsificantes e espumantes.

Ghazi, Khalil e Atta (1989) constataram que um sub-produto do amido de arroz (rico em proteína e amido) pode ser usado na preparação de molhos ou na tecnologia de panificação, pois possui capacidades espumante e de retenção de óleo muito mais altas do que aquelas de albumina.

Hermansson (1978) relatou que alguns isolados protéicos de soja completamente desnaturados, não mostraram aumento da viscosidade quando foram aquecidos para formar o estado de pré-gel, concluindo que a agregação e a desnaturação de proteínas determinam as propriedades dos géis.

Hutton e Campbell (1977a) concluíram que os efeitos de pH e temperatura sobre o índice de solubilidade de nitrogênio e a absorção de água de concentrado e isolado protéicos de soja foram interdependentes, embora o índice de solubilidade de nitrogênio e a absorção de água tendessem a aumentar com a elevação do pH (5,0 a 7,0) e da temperatura (25 a 90°C) da dispersão. O concentrado foi menos solúvel e menos afetado pelas mudanças de pH e temperatura do que o isolado.

Gomes et al. (1987) avaliaram cinco isolados protéicos de soja (Proteimax 90-SH, Proteimax 90-HG, Proteimax 90-NB, Proteimax 90-LV e Proteimax 90-LG) e um concentrado protéico de soja (Proteimax 70) produzidos no Brasil quanto à solubilidade e capacidade de absorção de água. Segundo os autores, o Proteimax 90-LV apresentou solubilidade elevada para valores de pH abaixo do pH isoelétrico e baixa solubilidade para valores mais altos. Exceto o Proteimax 90-LV e o Proteimax 70, todos os outros apresentaram grande capacidade de absorção de água em pH 7,0. Em solução de cloreto de sódio a 0,2 M, no mesmo pH, a capacidade de absorção de água foi reduzida até 36% do valor em água.

Murata et al. (1988) verificaram que o coágulo do leite de soja obtido pela ação de enzima mostrou alta estabilidade de emulsão numa grande faixa de pH e temperatura, enquanto que aqueles obtidos com cálcio e ácido respectivamente, apresentaram valores baixos em pH 4-6 e à temperatura maior que 40°C. A estabilidade de espuma foi baixa para todos os três coágulos. A solubilidade na água do coágulo liofilizado do leite de soja obtido pela ação de

enzima foi superior, mas a sua capacidade de retenção de água foi inferior aos demais.

Ali (1989) estudou o efeito da inativação ácida (pH 3,0 e abaixo) da lipoxigenase de soja sobre as propriedades funcionais da proteína de soja, e chegou às seguintes conclusões: a) a capacidade de absorção de água diminuiu; b) a extratibilidade e a solubilidade foram significativamente reduzidas; c) a atividade emulsificante não foi afetada, porém a estabilidade de emulsão foi reduzida e d) a viscosidade aumentou.

Wagner e Añon (1990) constataram que a absorção de água e a solubilidade do isolado protéico de soja foram afetadas diferentemente em consequência da modificação dos seguintes parâmetros: a) grau de desnaturação de proteína; b) hidrofobicidade na superfície e c) grupos de sulfidrina.

Segundo Wolf (1970), a solubilidade é uma das propriedades físicas mais importantes da proteína de soja. A maior parte das proteínas são globulinas que são solúveis na água ou nas soluções salinas diluídas em pHs acima ou abaixo do seu ponto isoelétrico. São proteínas hidrofílicas. O mesmo autor constatou ainda que, as proteínas de soja são boas para a confecção de bolos e produtos de forno, pois elas aumentaram a capacidade de absorção de água. As proteínas de soja ainda são indicadas para molhos, sopas, bebidas e cremes, já que elas melhoram a textura e ajudam na formação de gel.

McWatters e Holmes (1979) demonstraram que tanto a solubilidade de nitrogênio como as propriedades emulsificantes da farinha de soja foram reduzidas, à medida em que o tempo de aquecimento úmido aumentava. Contudo, altos níveis da solubilidade de nitrogênio não foram necessariamente associados com a máxima capacidade emulsificante.

Volkert e Klein (1979) afirmaram que o índice de dispersibilidade da proteína, a atividade emulsificante e a estabilidade de emulsão foram significativamente afetados pelo pH, sendo que os mínimos valores destes

parâmetros foram encontrados no pH 4,5 e aumentaram em pH acima ou abaixo de 4,5. Portanto o pH é o principal fator determinante da habilidade do produto de soja para formar uma emulsão. Houve também uma forte correlação linear positiva entre o índice de dispersibilidade de proteína e a atividade emulsificante, bem como a estabilidade de emulsão.

Matsudomi et al. (1985) observaram mudanças na conformação e nas propriedades funcionais da proteína de soja, devido ao tratamento ácido moderado. A solubilidade e as propriedades emulsificantes e espumantes da proteína de soja aumentaram significativamente com o aumento da hidrofobicidade na superfície, numa fase prévia do tratamento ácido moderado, sugerindo que a melhoria nestas propriedades funcionais seja principalmente, devido ao aumento da hidrofobicidade na superfície induzido pela desamidação e desnaturação ácida.

Hutton e Campbell (1977b) constataram que os efeitos do pH e da temperatura na estabilidade de emulsão e na viscosidade aparente foram interdependentes. A absorção de gordura foi dependente do conteúdo de proteína das amostras de soja (isolado ou concentrado).

Gwiazda, Rutkowski e Kocon (1979) relataram que o concentrado protéico de soja apresenta boas propriedades lipofílicas, tendo alta absorção de gordura, o que se deve à estrutura específica da superfície de proteína de soja.

Kinsella e Melachouris (1976) estudaram as propriedades funcionais dos produtos de soja e concluíram que os altos valores de absorção de gordura são importantes para a produção de produtos cárneos, bem como sopas, massas, queijos processados, dada a capacidade de melhorar a textura desses produtos.

Yasumatsu et al. (1972) verificaram que as propriedades emulsificantes de produtos de soja foram positivamente correlacionadas com os níveis de proteína e negativamente com os conteúdos de fibra. Por outro lado, as propriedades espumantes se correlacionaram com o nitrogênio solúvel na água e

as espumas resultantes foram estáveis quando as proteínas dissolvidas foram nativas.

Visser e Thomas (1987) constataram que existe uma correlação entre propriedades emulsificantes e solubilidade em preparações de soja, sendo que esta correlação é mais importante em emulsões de baixa viscosidade do que em emulsões viscosas. Em carnes moídas, a proteína de soja com 50% de solubilidade já mostra a capacidade e a estabilidade de emulsão sem a separação de gordura.

Mottern, Spadaro e Gallo (1969) utilizaram farinha de arroz pré-gelatinizada, junto com a farinha de oleaginosa na preparação de bebidas e mingaus, e concluíram que, a proporção de dispersão da farinha em água pode ser controlada pelo tamanho das partículas e que o emprego de altas concentrações de farinha de arroz torna possível manter a farinha de oleaginosa em suspensão, sem produzir viscosidade excessiva.

Noguchi et al. (1981) constataram que os produtos extrudados produzidos com farinha de arroz fortificada com isolado protéico de soja apresentaram uma ligeira diminuição na capacidade de absorção de água, quando comparados com aqueles extrudados apenas à base da farinha de arroz. O processo de extrusão termoplástica aumentou as interações não covalentes e ligações dissulfídicas, resultando numa diminuição da solubilidade de proteína. Foi também verificado pelos autores que houve uma diminuição significativa da insolubilização de proteína quando a farinha de arroz e o isolado protéico de soja foram processados simultaneamente, mostrando um “efeito protetor” na presença mútua.

Chauhan e Bains (1985) misturaram a farinha de arroz de diversas variedades com a farinha de soja desengordurada nas respectivas proporções de 100:0; 85:15 e 70:30%, e cozinharam a mistura por extrusão. Os autores notaram que a adição de 15% da farinha de soja desengordurada não exerceu

efeito sobre a capacidade de absorção de água no produto, mas houve um ligeiro decréscimo com a adição de 30% da farinha de soja desengordurada. Ao contrário, um aumento da farinha de soja desengordurada aumentou consideravelmente o índice de solubilidade na água. A adição gradativa da farinha de soja desengordurada diminuiu o conteúdo de amido danificado nas farinhas e aumentou o teor de proteínas solúveis em água.

Em outro estudo, Chauhan e Bains (1988) constataram que a incorporação de diferentes farinhas de leguminosas (incluindo a soja) na farinha de arroz, aumentou a crocância e diminuiu a força de quebra do produto extrudado. O índice de solubilidade na água é perceptivelmente maior com o aumento da temperatura de saída do extrusor.

Silva et al. (1993) estudaram o efeito do cozimento por microondas sobre as propriedades funcionais de farinhas mistas de arroz e soja desengordurada em diferentes proporções, e verificaram que as farinhas pré-cozidas mistas mostraram temperaturas iniciais de formação de pasta mais elevadas do que as das farinhas cruas mistas. O aumento das proporções de soja (10 a 50%) nas farinhas mistas resultou na diminuição da viscosidade de pasta; de retrogradação do amido; da sinérese de espuma; no aumento das absorções de água e gordura; do índice de solubilidade de nitrogênio; das propriedades emulsificantes e da expansão e volume de espuma. Os valores obtidos para estas propriedades foram menores para as farinhas pré-cozidas mistas quando comparados com as farinhas cruas mistas, nas mesmas proporções, exceto para a absorção de água.

2.2 Propriedades reológicas do arroz ou/e soja

Ao determinarem as propriedades reológicas de algumas variedades de arroz, Kurasawa et al. (1973) constataram que, à baixa temperatura, os grânulos

de amido podem ser desintegrados devido à dissolução da molécula de amilose, mas, a altas temperaturas, a molécula de amilose protege a desintegração da molécula de amilopectina.

Circle, Meyer e Whitney (1964) verificaram que na ausência de calor, a viscosidade da dispersão aquosa do isolado protéico de soja aumentou exponencialmente com o aumento da concentração. Nas concentrações acima de 7%, o aquecimento causou espessamento e logo gelatinização. Nas concentrações de 8 a 14%, os géis foram formados dentre 10 e 30 minutos a 70-100°C. Acima de 16 a 17%, os géis foram firmes e elásticos.

Forster e Ferrier (1979) estudaram as características viscométricas do leite de soja integral, concluindo que: a) o índice de consistência do leite de soja diminuiu com o aumento de temperatura, mas o índice de comportamento do fluxo foi inalterado a temperaturas maiores; b) o comportamento do fluxo apresentado foi pseudoplástico e ligeiramente tixotrópico e c) a viscosidade aparente e o grau de pseudoplasticidade do leite de soja aumentaram a níveis maiores de sólidos.

Urbanski et al. (1982) constataram que a uma dada concentração, os índices de consistência foram altos para os constituintes da parede celular e da proteína de soja, porém baixos para os carboidratos solúveis. A remoção da parede celular da farinha de soja integral diminuiu significativamente o índice de consistência, enquanto que não há efeito significativo para a farinha de soja desengordurada. O comportamento de fluxo pseudoplástico aumentou com o aumento da concentração para todas as frações estudadas, exceto para os carboidratos solúveis, os quais mostraram comportamento Newtoniano indiferente à concentração.

2.3 Características sensoriais da mistura de arroz e soja

Siegel, Lineback e Bhumiratana (1976) desenvolveram salgadinhos contendo alto teor protéico (17,2-24,6%) à base de arroz e soja, para crianças tailandesas, e verificaram que, os produtos alcançaram melhores qualidade e quantidade de proteína do que os salgadinhos disponíveis no comércio local e os mesmos foram bem aceitos por crianças de diferentes níveis sócio-econômicos.

Cheryan et al. (1979) verificaram que a qualidade organoléptica de alimentos infantis preparados com cereais (milho ou arroz), fortificados com até 20% de soja, não foi alterada. A soja não teve efeito significativo na cor das misturas de soja-milho, porém produziu um escurecimento distinto nas misturas de soja-arroz com proporções acima de 20% de soja.

Guerra et al. (1981) formularam uma bebida à base de arroz, leite desnatado e diferentes tipos de farinha de soja e verificaram que a sua aceitabilidade pelas crianças na idade escolar foi superior a 95%. O valor calórico-protéico desta bebida foi semelhante ao do leite, tendo PER igual ao da caseína e apresentando estabilidade superior à do leite, porém com um custo aproximado de $\frac{3}{4}$ do leite.

Shepherd et al. (1981) desenvolveram um alimento misto de arroz-soja-leite com uma cor creme e afirmaram que o produto poderia oferecer calorias adicionais, boa qualidade de proteína, vitaminas e minerais selecionados para segmentos mais necessitados da população. Além disso, o produto poderia ser incorporado à farinha tradicional ou aos alimentos à base de farinhas, sem causar escurecimento ou outras mudanças significativas de cor nos alimentos.

Bakar e Hin (1984) substituíram 10; 20 e 30% de farinha de arroz pela farinha de soja integral no preparo de cereal matinal e verificaram que a fragilidade de flocos diminuiu com o incremento da percentagem da farinha de soja integral nos níveis de 20 e 30%. Ocorreu uma relação inversamente

proporcional entre fragilidade e tamanho de partículas da farinha de soja integral no nível de 30% de substituição. A respeito de preferência global, os provadores não mostraram qualquer tendência pelos diferentes flocos formulados.

Segura et al. (1988) desenvolveram um alimento infantil desidratado à base de arroz, soja e frutas, e verificaram que as formulações com um conteúdo de soja de 10, 15 e 20% respectivamente, não apresentaram diferenças na avaliação sensorial.

Man, Wei e Nelson (1991) afirmaram que o sabor de feijão cru (*beany-flavor*) e o sabor estranho de tinta, ambos encontrados no extrato de soja, foram eliminados pela desintegração ácida direta dos grãos de soja em pH 3,0 a 3,8, usando-se ácido clorídrico, ácido fosfórico ou ácido tartárico. A maceração em ácido clorídrico a 0,15 M por 8 horas resultou num produto suave. Amostras tratadas com ácido clorídrico, ácido fosfórico e ácido tartárico, mostraram sabor de sal desagradável, porém as duas últimas foram mais aceitáveis do que a primeira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz (*Oryza sativa*, L.) adquiridos do comércio, e de soja (*Glycyne max* (L.) Merril, cultivar Br-16, safra de 1996), procedentes da Embrapa-SPSB (Ponta Grossa, PR), para obtenção dos extratos hidrossolúveis desidratados.

Na formulação da bebida reconstituída foram usados, além do extrato hidrossolúvel desidratado, açúcar (União), sal refinado (Cisne) e saborizante de abacaxi, adquiridos do comércio.

Para as análises químicas foram empregados reagentes de grau analítico, e de diversas procedências (Merck, Ecibra, etc.). Para as análises da atividade do inibidor de tripsina, foi usada a tripsina de pâncreas bovino (Merck) e o substrato caseína analítica (Merck).

Na execução das análises químicas, físicas e da atividade do inibidor de tripsina, além da vidraria, aparelhos e utensílios indispensáveis a um laboratório, utilizaram-se os seguintes equipamentos específicos:

- Atomizador centrífugo Spray Dryer Niro Atomizer 8.114;
- Caldeira elétrica ATA 300 libras;
- Centrífuga de cesto International Equipment Company Size 2;
- Espectrofotômetro de emissão de plasma ICP Spectroflama;
- Espectrofotômetro Shimadzu UV-190;
- Programador Rheoscan 100;
- Registrador gráfico Rikadenki;
- Reômetro de cilindros concêntricos Contraves Rheomat-30;
- Viscoamílografo Brabender 801.302, equipado com cabeçote de 700 cmg.

3.2 Métodos

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

3.2.1 Composição centesimal aproximada dos grãos de arroz e soja

Foram realizadas as seguintes determinações químicas: umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, conforme AACC (1969), e fibra bruta, segundo Van de Kamer e Van Ginkel (1952).

3.2.2 Obtenção do extrato hidrossolúvel desidratado

Os grãos de arroz e de soja foram, separadamente, macerados em água (1 grão:4 água) à temperatura ambiente, durante 30 min e 16 h, respectivamente. A água de maceração da soja foi drenada, porém utilizou-se a do arroz. Em seguida, os grãos de arroz e soja foram misturados nas respectivas proporções de 100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40 e 50:50% (base seca), correspondendo ao controle e às fórmulas I, II, III, IV e V, respectivamente, sendo desintegrados no liquidificador Waring, durante 3 min, com adição da água de maceração do arroz completada de água potável, nas proporções de mistura:água de 1:9 ou 1:8 (base seca). Após a desintegração, o conteúdo foi transferido para uma centrífuga de cesto, onde o resíduo foi separado, obtendo-se um extrato com aproximadamente 4-7% de sólidos. O extrato foi medido e adicionou-se ácido cítrico (4,3 g/100g mistura, pH \cong 3,3-3,5), sendo submetido à fervura por 15

min. Logo após, o controle e as cinco fórmulas de extrato hidrossolúvel foram secos por atomização com temperatura de entrada e saída de 200 e 90°C, respectivamente, tendo como produtos finais, extratos hidrossolúveis desidratados controle, I, II, III, IV e V.

3.2.3 Determinação química do extrato hidrossolúvel desidratado

Foram feitas as seguintes determinações: composição centesimal aproximada, conforme métodos do item 3.2.1; fósforo, cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto, zinco, cromo, selênio, manganês, molibdênio e alumínio, de acordo com os métodos da AACC (1969).

3.2.4 Determinação da atividade do inibidor de tripsina do extrato hidrossolúvel desidratado

Foi determinada segundo o método original de Kunitz, conforme descrito por Kakade, Simons e Liener (1969), consistindo na digestão da caseína pela enzima tripsina, onde determinou-se sua atividade pela introdução do inibidor dos extratos submetidos ou não, à fervura.

Considerando-se a definição de unidade de tripsina (UT) como sendo o aumento de 0,01 unidade de absorbância a 280 nm nas condições do teste, calcularam-se as unidades de tripsina inibida (UTI) pela diferença entre as unidades de tripsina totais (UT) da atividade máxima e as da amostra contendo o inibidor.

3.2.5 Propriedades funcionais do extrato hidrossolúvel desidratado

3.2.5.1 Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta foi determinada num viscoamílografo Brabender, seguindo-se, basicamente, a metodologia de Mazurs, Schoch e Kite (1957). Foram utilizadas suspensões de extratos hidrossolúveis desidratados a 20% (% base seca) em água destilada e os resultados obtidos foram expressos em unidades amilográficas (U.A.).

A temperatura inicial de 25°C foi aumentada gradualmente a 1,5°C/min, até a temperatura final de 95°C, permanecendo constante por 15 min. O resfriamento foi feito também gradualmente a 1,5°C/min, até a temperatura final de 50°C.

Os parâmetros considerados para a interpretação dos amilogramas foram:

- a) Temperatura da viscosidade máxima: é a temperatura em °C, calculada em base do tempo de funcionamento do viscoamílografo, correspondente ao ponto mais alto da curva do amilograma durante o ciclo de aquecimento;
- b) Viscosidade máxima: é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, no aquecimento, expresso em U.A.;
- c) Viscosidade mínima à temperatura constante: é o menor valor da viscosidade em U.A., obtido durante os 15 min à temperatura constante de 95°C;
- d) Viscosidade final no ciclo de resfriamento (50°C): é o valor da viscosidade em U.A., após ter atingido a temperatura de 50°C no ciclo de resfriamento.

3.2.5.2 Absorção de água (AA)

A absorção de água foi determinada de acordo com o método de Sosulski (1962).

3.2.5.3 Índice de solubilidade na água (ISA)

Determinou-se o índice de solubilidade na água segundo o método descrito por Anderson et al. (1969).

3.2.5.4 Índice de solubilidade de nitrogênio (ISN)

O índice de solubilidade de nitrogênio foi determinado conforme o método descrito na AACC 46-23 (1969). O ISN foi calculado pela relação:

$$\% \text{ ISN} = \frac{\% \text{ Nitrogênio solúvel na água}}{\% \text{ Nitrogênio total}} \times 100$$

3.2.5.5 Índice de dispersibilidade de proteína (IDP)

O índice de dispersibilidade de proteína foi determinado segundo o método da AOCS Ba 10-65 (1980).

3.2.5.6 Absorção de gordura (AG)

Determinou-se a absorção de gordura de acordo com o método de Dench, Rivas e Caygill (1981).

3.2.5.7 Propriedades emulsificantes

As propriedades emulsificantes abrangem a atividade emulsificante (AE) e a estabilidade de emulsão (EE), as quais foram determinadas segundo o método de Dench, Rivas e Caygill (1981). Para o cálculo da AE e da EE, foram utilizadas as respectivas relações:

$$\% AE = \frac{\textit{Altura da camada emulsificada}}{\textit{Altura total do fluido}} \times 100$$

$$\% EE = \frac{\textit{Altura da camada emulsificada após aquecimento}}{\textit{Altura total do fluido}} \times 100$$

3.2.5.8 Propriedades espumantes

A expansão de espuma e a estabilidade de espuma foram determinadas de acordo com Wang, Caballero-Cordoba e Sgarbieri (1992). O cálculo da expansão de espuma, expresso em percentagem, foi feito conforme o método descrito por Lawhon, Cater e Matil (1972). O volume de espuma foi calculado, considerando-se como 100% o volume de espuma no tempo zero. A

percentagem de sinérese, que é o inverso da estabilidade de espuma, foi calculada segundo o método descrito por Satterlee, Bembers e Kendrick (1975).

$$\text{Sinérese} = \frac{\text{Vol. líquido liberado da espuma após certo tempo}}{\text{Vol. líquido inicial} - \text{vol. líquido após agitação}} \times 100$$

3.2.6 Preparo da bebida reconstituída

Os seis respectivos extratos hidrossolúveis desidratados foram reconstituídos na forma de bebida em água, na proporção de 1:14 de mistura:água.

3.2.7 Composição química da bebida reconstituída

Realizaram-se as seguintes análises químicas: sólidos totais, conforme AOAC (1960), procedimento 15.014; proteína bruta e cinzas, segundo AACC (1969); matéria-graxa, de acordo com Bligh e Dyer (1959), e fibra bruta, conforme Van de Kamer e Van Ginkel (1952).

3.2.8 Propriedades reológicas da bebida reconstituída

As medidas reológicas foram efetuadas em reômetro de cilindros concêntricos, acoplado ao programador e registrador gráfico, tendo banho termostático com temperatura controlada. Os sistemas de medidas selecionados foram o DIN45 para o controle e as fórmulas I e II, com 0; 10 e 20% de soja, respectivamente, e o MSO para as fórmulas III, IV e V, contendo,

respectivamente, 30; 40 e 50% de soja. As amostras foram submetidas a uma rampa de taxa de deformação, que variava linearmente de 6 a 452 s⁻¹ (DIN45) e 23 a 1730 s⁻¹ (MSO) com taxas de deformação crescentes durante 4 min (tempo de rampa), e taxas de deformação decrescentes em mais 4 min, com objetivo de verificar se há existência de tixotropismo, onde a maior concentração de pontos no reograma situa-se na faixa de baixa taxa de deformação.

Os parâmetros reológicos foram determinados à temperatura de 15°C. Com os dados experimentais da tensão de cisalhamento (τ) e a taxa de deformação ($\dot{\gamma}$), foi testado o modelo de "Lei de Potência" $\tau = Kow \cdot \dot{\gamma}^n$, onde Kow é o índice de consistência do fluido e n é o índice de comportamento do fluxo. Determinou-se a melhor representação matemática para o comportamento de fluxo das bebidas reconstituídas, segundo Skriver, Roemer e Qvist (1993).

3.2.9 Avaliação sensorial da bebida reconstituída e formulada

Exceto o controle, os cinco respectivos extratos hidrossolúveis desidratados (I, II, III, IV e V) foram reconstituídos, conforme o método do item 3.2.6 e formulados na forma de bebida com açúcar (18%), sal (0,2%) e aromatizante de abacaxi (0,6%). Logo após, estas bebidas reconstituídas e formuladas foram submetidas ao teste sensorial de qualidade (aparência, consistência e sabor), utilizando-se a Escala Estruturada de 9 pontos (1 = extremamente ruim; 9 = excelente). Os critérios observados para a aparência foram: cor e separação de fases; para a consistência: viscosidade, adesividade, recobrimento e sensação na boca, e para o sabor: sabor de feijão cru, adstringência e gosto amargo. Nesta avaliação, foi usada uma equipe de 10 provadores treinados de ambos os sexos.

[REDACTED]

Das amostras avaliadas, selecionaram-se quatro que apresentaram melhor aparência, consistência e sabor, sendo as mesmas submetidas posteriormente ao teste de preferência, usando-se a Escala Hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo) e uma equipe de 130 provadores não treinados.

3.2.10 Análise estatística

Para os resultados de composição centesimal aproximada, composição em minerais e propriedades funcionais dos extratos hidrossolúveis desidratados, foram feitas análises estatísticas quantitativas, através de equações de regressão a 95% de confiabilidade com base nos coeficientes de determinação (R^2) apresentados.

Foram determinados os coeficientes de correlação entre os parâmetros relacionados nas análises de propriedades funcionais.

Para os resultados de composição química e propriedades reológicas das bebidas reconstituídas, usou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde foram feitas análises de variância, com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a viscosidade aparente e a tensão de cisalhamento em função de taxa de deformação, bem como a viscosidade aparente em função da proporção de soja, foram feitas análises estatísticas quantitativas, determinando-se as equações de regressão a 95% de confiabilidade com base nos coeficientes de determinação (R^2) apresentados.

Usou-se o Delineamento em Blocos Incompletos (DBI), com seis repetições (plan 11.1a), para testes sensoriais de qualidade (aparência, consistência e sabor) em cinco amostras, e o Delineamento em Blocos



Casualizados (DBC) foi aplicado para os testes sensoriais de preferência com quatro amostras. As diferenças estatísticas entre as amostras foram verificadas através de análises de variância com posterior comparação entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas, segundo os métodos descritos em Pimentel Gomes (1982) e Cochran e Cox (1957).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal aproximada dos grãos de arroz e soja

A Tabela 1 mostra, em base seca, a composição centesimal aproximada dos grãos de arroz e soja.

TABELA 1. Composição centesimal aproximada (% base seca) dos grãos de arroz e de soja.

Composição	Arroz	Soja
Proteína (%)	8,50	40,03
Extrato etéreo (%)	0,66	22,93
Cinzas (%)	1,08	5,24
Fibra bruta (%)	1,38	5,85
Carboidratos ¹ (%)	88,38	25,95

¹ Calculado por diferença (100 - proteína - extrato etéreo - cinzas - fibra bruta).

Através desta tabela, verifica-se que os grãos de soja apresentaram teores de proteína, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta superiores àqueles dos grãos de arroz. Entretanto os grãos de arroz mostraram elevado teor de carboidratos.

4.2 Caracterização química do extrato hidrossolúvel desidratado

Usando-se os referidos grãos de arroz e soja em diferentes proporções, foram obtidos extratos hidrossolúveis desidratados, tendo suas composições químicas ilustradas nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2. Composição centesimal aproximada (% base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Extrato hidrossolúvel desidratado	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)	Cinzas (%)	Fibra bruta (%)	Carboidratos ¹ (%)
Controle	7,23	0,62	1,37	1,03	89,75
I	13,65	1,39	2,16	1,14	81,66
II	17,77	2,59	2,61	1,31	75,72
III	22,88	3,79	3,06	1,69	68,58
IV	33,48	4,91	4,27	1,89	55,45
V	35,81	5,86	4,55	1,95	51,83

¹ Calculado pela diferença (100 - proteína - extrato etéreo - cinzas - fibra bruta).

TABELA 3. Composição em minerais (mg/100g, base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Mineral	Extrato hidrossolúvel desidratado					
	Controle	I	II	III	IV	V
Fósforo	168,05	292,05	354,47	476,98	527,51	557,78
Cálcio	47,88	49,54	61,76	81,99	86,24	92,78
Potássio	166,89	444,50	681,74	957,08	988,55	1212,26
Sódio	47,14	41,74	40,54	39,46	38,52	35,71
Magnésio	70,36	113,48	145,59	187,00	206,87	213,64
Ferro	2,17	2,43	2,47	3,25	3,26	3,76
Cobre	0,58	0,60	0,81	1,20	1,21	1,45
Cobalto	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,43
Zinco	3,32	3,63	3,76	4,13	4,26	4,49
Cromo	0,17	0,15	0,15	0,13	0,11	0,11
Selênio	4,06	4,07	4,10	4,11	4,16	4,22
Manganês	0,094	0,094	0,095	0,096	0,096	0,096
Molibdênio	0,33	0,40	0,44	0,44	0,50	0,61
Alumínio	8,14	7,35	7,11	6,24	6,13	5,21

A Tabela 2 e a Figura 1 apresentam, em base seca, a composição centesimal aproximada dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções. Observa-se que, à medida que se incrementava a proporção de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados, houve um aumento significativo no percentual de proteína (7,23 a 35,81%), extrato etéreo (0,62 a 5,86%), cinzas (1,37 a 4,55%) e fibra bruta (1,03 a 1,95%). Porém o percentual de carboidrato (89,75 a 51,83%) diminuiu com o aumento das proporções de soja. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Cruz et al. (1983), os quais atribuíram esse aumento à adição de soja.

A Tabela 3 e as Figuras de 2 a 8 mostram a composição em minerais (mg/100g, base seca) dos extratos hidrossolúveis elaborados com arroz e soja em diferentes proporções. Os minerais encontrados em maiores teores foram: fósforo, cálcio, potássio, sódio e magnésio, enquanto que os demais minerais se mostraram em pequenas quantidades ou apenas em traços.

Verifica-se pela Tabela 3 e Figura 2, que os teores de fósforo e cálcio aumentaram linearmente com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados. Resultado semelhante foi observado por Cruz et al. (1983) em uma farinha mista de arroz e soja pré-cozida por extrusão, assim como por Segura et al. (1988) em um formulado infantil à base de arroz, soja e fruta.

Os conteúdos de fósforo presentes nos extratos hidrossolúveis desidratados foram altos, principalmente, quando se referiu às fórmulas IV e V, contendo respectivamente, 40 (527,51 mg/100g) e 50% (557,78 mg/100g) de soja. Ambas as fórmulas podem atender 100% do recomendado diário pela RDA (1989) para os lactentes, e de 66 a 70% para as crianças de 1 a 10 anos e todos os adultos. Por outro lado, os teores de cálcio nos extratos hidrossolúveis desidratados não foram tão relevantes ao compararem com os de fósforo.

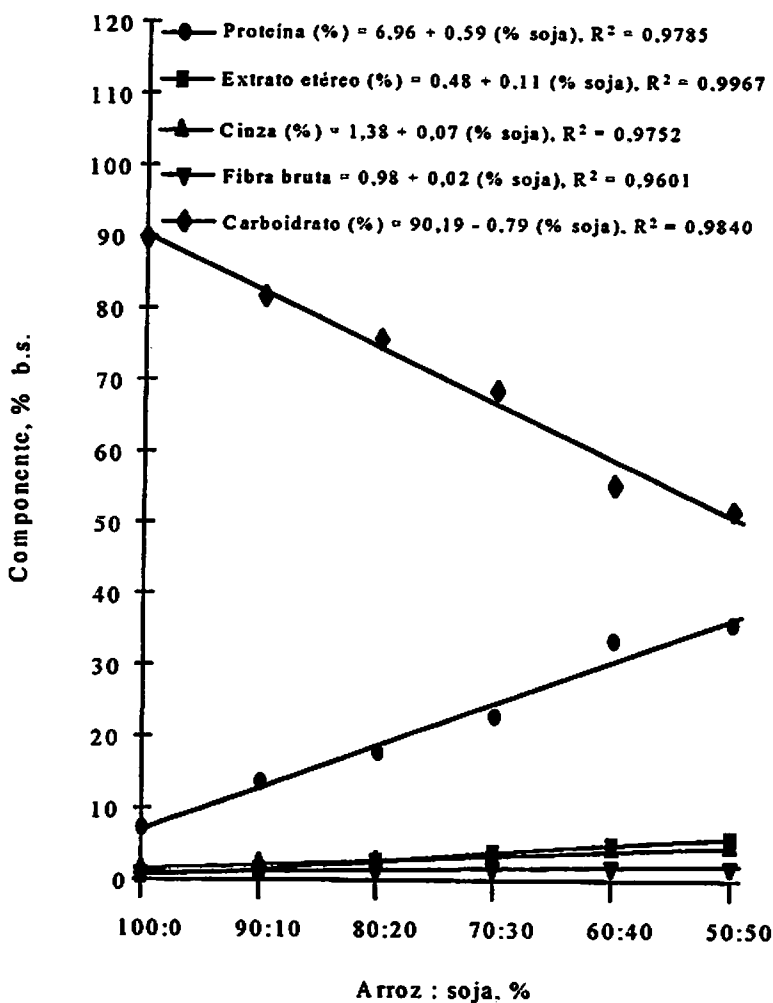


FIGURA 1. Composição centesimal aproximada dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

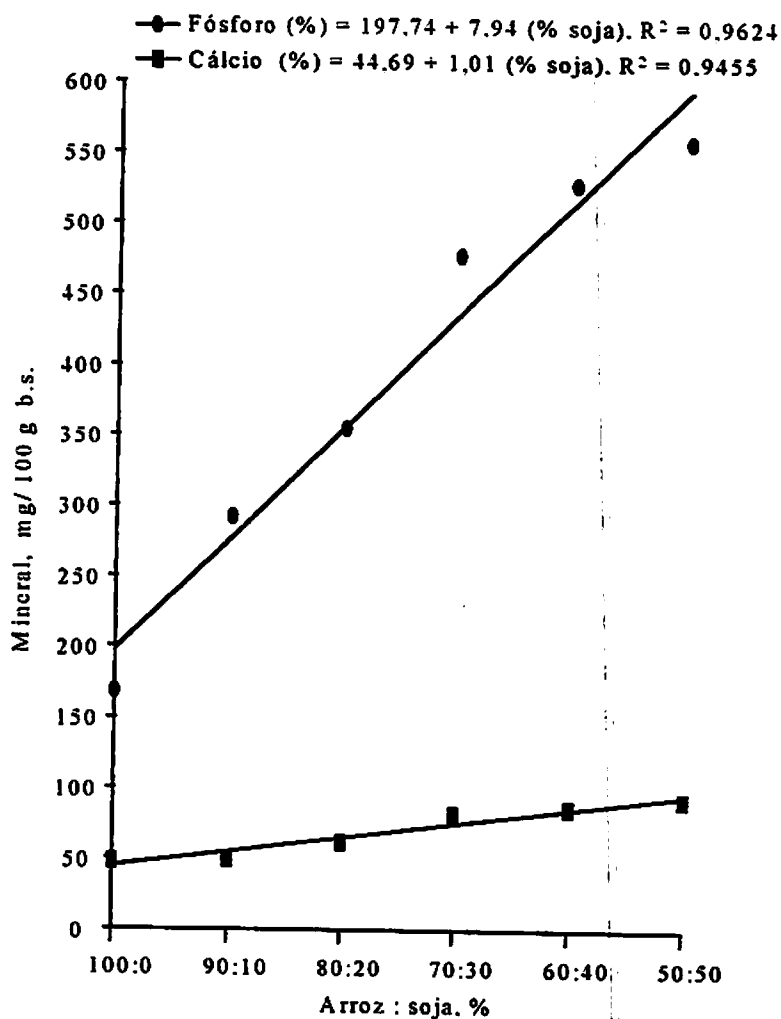


FIGURA 2. Fósforo e cálcio dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

De acordo com Krause e Mahan (1994) e Willians (1997), o fósforo e o cálcio são frequentemente, considerados juntos porque eles estão intimamente relacionados no organismo. Eles possuem inúmeras funções corporais, sendo a principal estrutural. Proporções adequadas desses minerais na dieta evitam patologias tais como raquitismo, osteoporose, osteomalácia, hipercalcúria reabsorviva, hipofosfatemia, hiperfosfatemia, tetania, entre outras.

Na Tabela 3 e Figura 3 encontram-se os teores de potássio e sódio. Nota-se que, à medida que se incrementava a proporção de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados, houve um aumento significativo no percentual de potássio (166,89 a 1.212,26 mg/100g). Porém o percentual de sódio (47,14 a 35,71 mg/100g) diminuiu com o aumento das proporções de soja (0 a 50%). De acordo com USDA (1963), o arroz é uma boa fonte de sódio, enquanto que a soja se sobressai pelo seu elevado teor de potássio, explicando, portanto, os resultados encontrados.

Os extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com mais de 10% de soja, que contêm mais de 445 mg/100g de potássio, podem suprir 100% do recomendado diário pela RDA (1989) para os lactentes (500 mg). Contudo, a fórmula V com 50% (1.212,26 mg/100g) de soja, pode atender todas as necessidades diárias de potássio recomendadas pela RDA (1989), tanto para os lactentes como para as crianças de 1 a 10 anos (1.000 mg). Quanto aos teores de sódio nos extratos hidrossolúveis desidratados, observa-se que não houve valor destacável.

Conforme Willians (1997), o potássio regula junto com o sódio e o cálcio, a estimulação neuromuscular, a transmissão de impulsos eletroquímicos e a concentração das fibras musculares, e a deficiência de potássio e sódio ocasiona perdas em doenças gastrointestinais, diarreia, desequilíbrio hídrico e ácido-básico, entre outras.

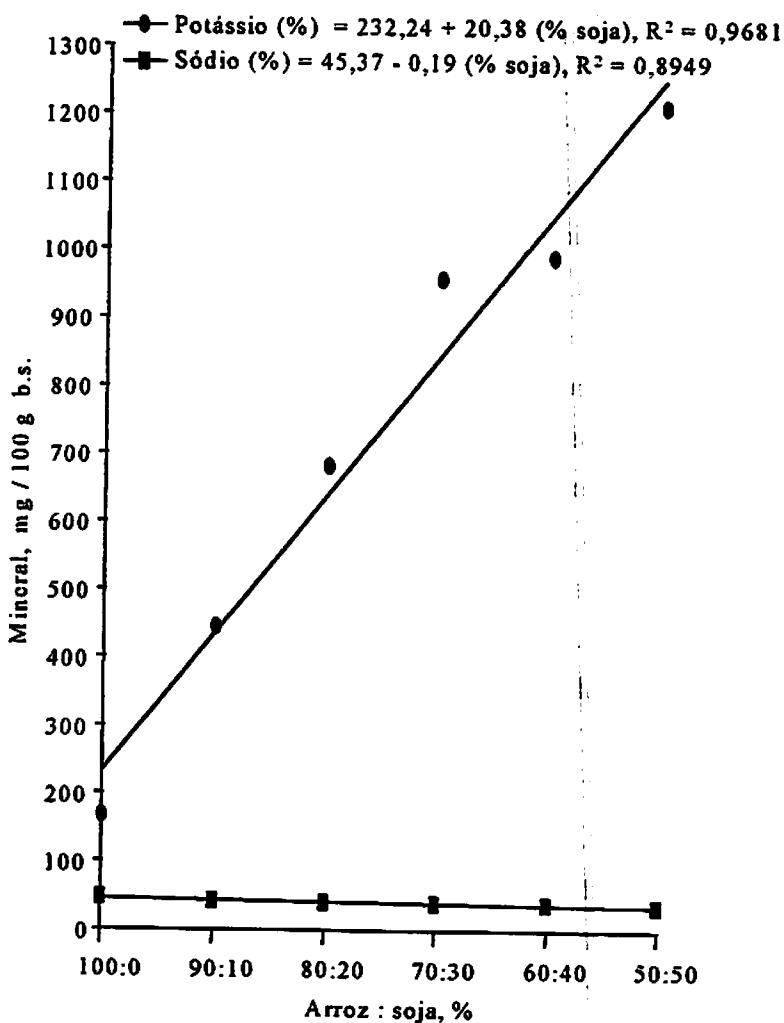


FIGURA 3. Potássio e sódio dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

A Tabela 3 e Figura 4 ilustram os teores de magnésio dos extratos hidrossolúveis desidratados. Verifica-se que com o aumento das proporções de soja (0 a 50%), houve um aumento linear nos conteúdos de magnésio (70,36 a 213,64 mg/100g). Com apenas 10% de soja no extrato hidrossolúvel desidratado, que contém 113,48 mg/100g de magnésio, já pode atender 100% do recomendado diário pela RDA (1989) para os lactentes (40 mg) e as crianças de 1 a 10 anos (80 mg).

Na Tabela 3 e Figura 5 são encontrados os teores de ferro, cobre e cobalto. Observa-se que com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados, houve um aumento linear nos teores de ferro (2,17 a 3,76 mg/100g) e cobre (0,58 a 1,45 mg/100g) e uma ligeira diminuição nos teores de cobalto (0,48 a 0,43 mg/100g). O resultado obtido para o ferro é compatível ao encontrado por Segura et al. (1988) em um formulado infantil à base de arroz, soja e fruta.

Krause e Mahan (1994) e Willians (1997) reportaram que, o ferro desempenha um papel importante na síntese da hemoglobina, no transporte de oxigênio e na oxidação celular, ao passo que, o cobre associado ao ferro, atuam nos sistemas de enzimas, síntese da hemoglobina. Já o cobalto é o constituinte da vitamina B₁₂, mantendo as células vermelhas do sangue.

Os níveis diários recomendados pela RDA (1989) para os lactentes estão em torno de 8 mg para o ferro, 0,5 mg para o cobre e traços para o cobalto, e para as crianças de 1 a 10 anos, 10 mg de ferro, 0,8 mg de cobre e traços de cobalto. Desta forma, sugere-se que os extratos hidrossolúveis desidratados com mais de 10% de soja já podem suprir todas as necessidades diárias de cobre e cobalto recomendadas pela RDA (1989), tanto para os lactentes como para as crianças de 1 a 10 anos.

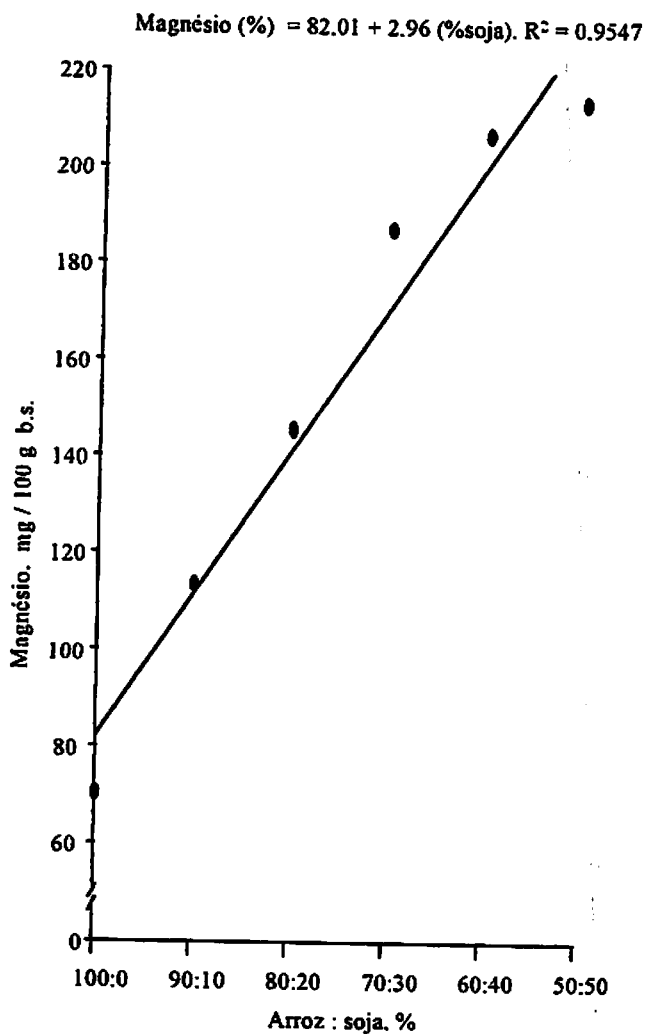


FIGURA 4. Magnésio dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

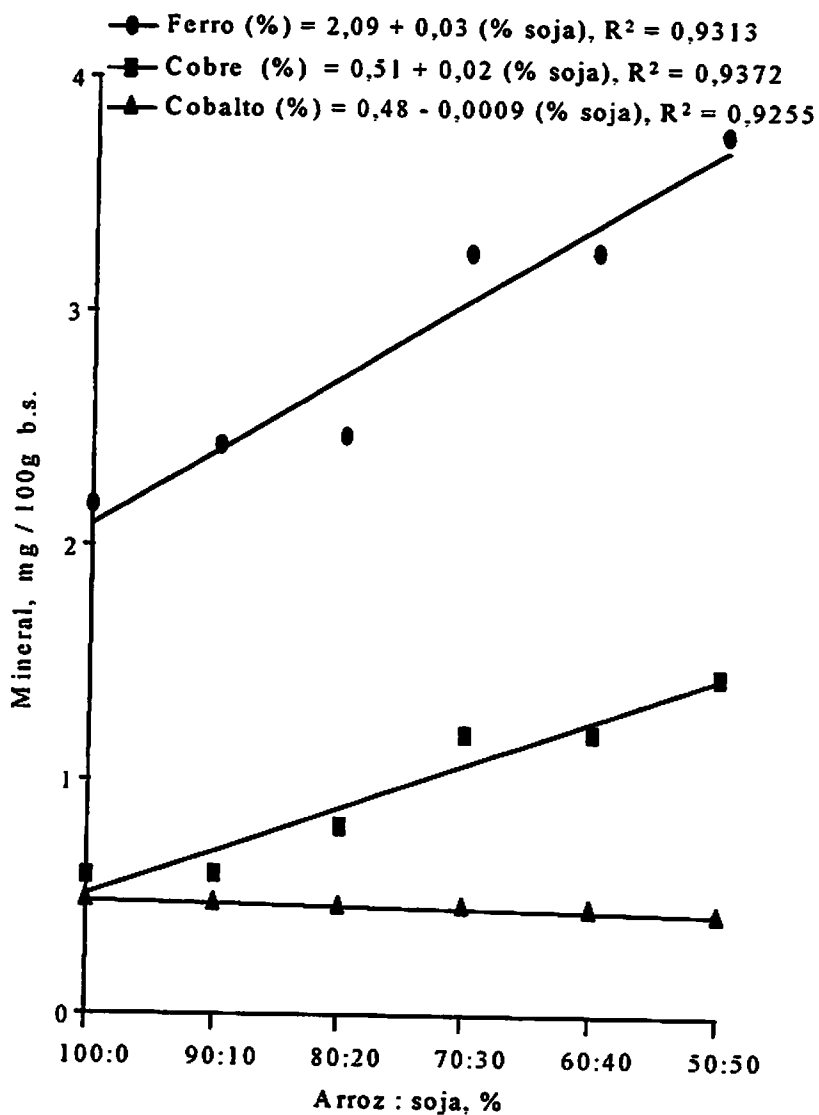


FIGURA 5. Ferro, cobre e cobalto dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

Os outros minerais traços essenciais são zinco, cromo, selênio, manganês, molibdênio e alumínio, cujos teores são mostrados na Tabela 3 e nas Figuras 6, 7 e 8. Os teores de zinco (3,32 a 4,49 mg/100g) aumentaram, porém os teores de cromo (0,17 a 0,11 mg/100g) e o alumínio (8,14 a 5,21 mg/100g) diminuíram com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados. Por outro lado, os conteúdos de selênio, manganês e molibdênio não se diferenciaram entre as diferentes amostras.

4.3 Atividade do inibidor de tripsina do extrato hidrossolúvel desidratado

Não houve nenhuma atividade residual do inibidor de tripsina nos extratos hidrossolúveis desidratados estudados, mostrando que a fervura por 15 min utilizada durante seus preparos, foi suficiente para inativar completamente o inibidor de tripsina da soja. Resultado semelhante foi verificado por Wang, Cabral e Fernandes (1997), os quais constataram uma inativação total do inibidor de tripsina na bebida à base de extrato hidrossolúvel de arroz e soja fervida por 15 min, utilizando-se proporção de mistura:água de 1:12.

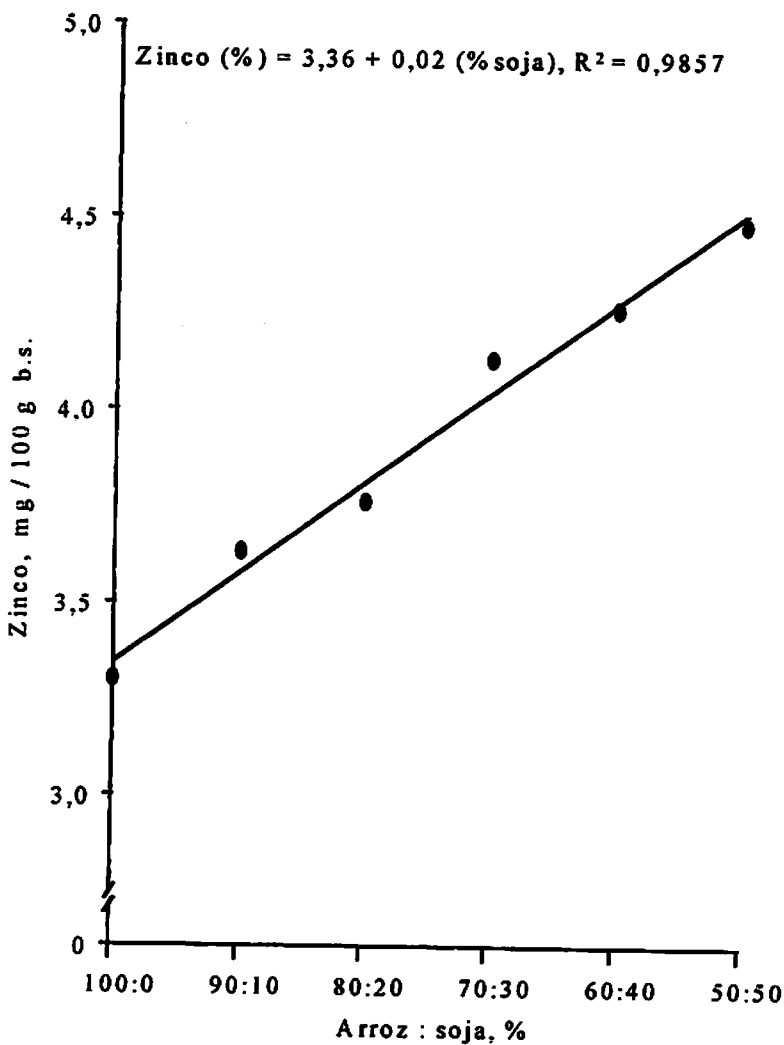


FIGURA 6. Zinco dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

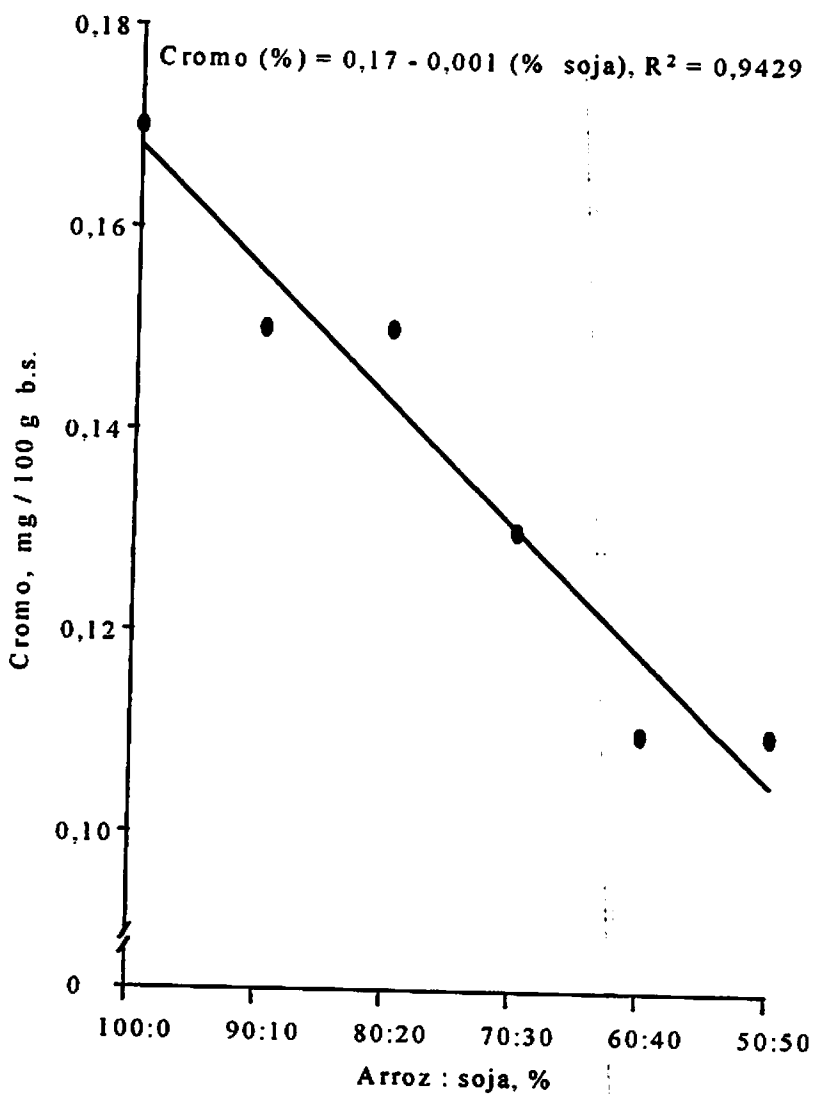


FIGURA 7. Cromo dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

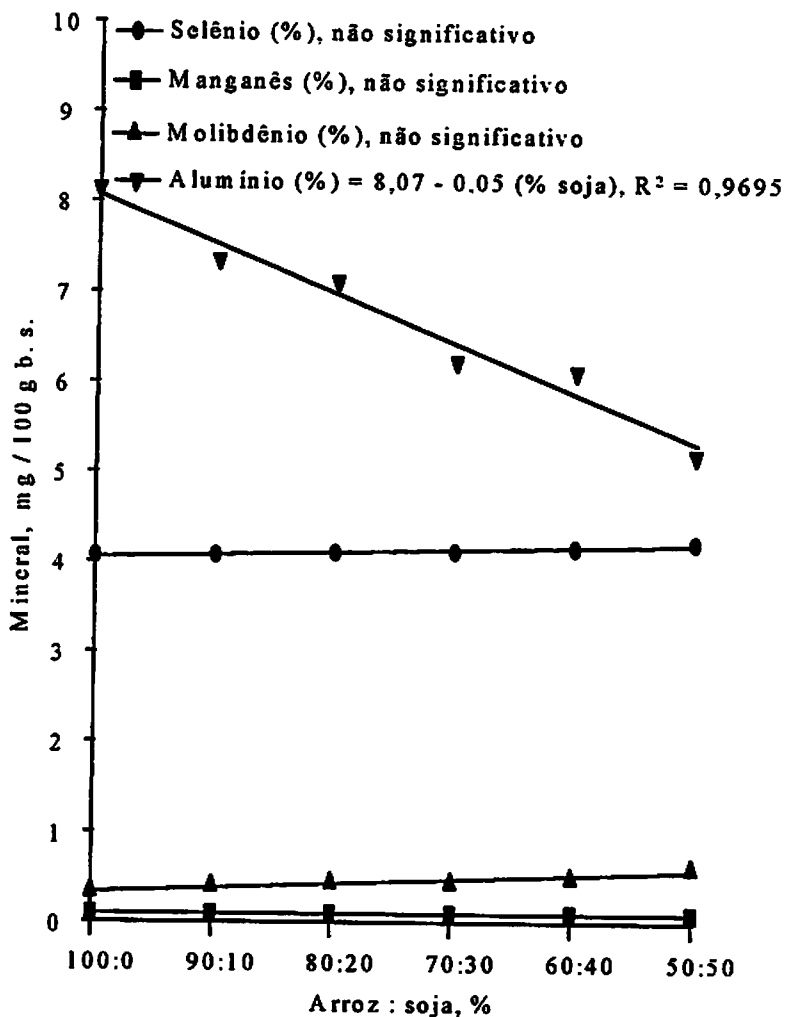


FIGURA 8. Selênio, manganês, molibdênio e alumínio dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

4.4 Propriedades funcionais do extrato hidrossolúvel desidratado

A Tabela 4 e as Figuras 9 e 10 mostram resultados das características de viscosidade da pasta dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções. Verifica-se que a temperatura (60 a 73°C) de viscosidade máxima aumentou, porém a viscosidade máxima (1.240 a 15 U.A.) diminuiu com o incremento das proporções de soja (0 a 50%). Por outro lado, a viscosidade mínima a 95°C e a viscosidade final a 50°C aumentaram até um máximo no extrato hidrossolúvel desidratado com 10% de soja (fórmula I), além da qual, diminuíram com o aumento das proporções de soja (10 a 50%), sendo representadas pelas equações cúbicas.

TABELA 4. Características de viscosidade da pasta dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Extrato hidrossolúvel desidratado	Temperatura da viscosidade máxima (°C)	Viscosidade máxima (U.A.)	Viscosidade mínima à temperatura constante (U.A.)	Viscosidade final no ciclo de resfriamento (U.A.)
Controle	60	1.240	35	40
I	60	835	225	230
II	63	755	160	165
III	70	170	80	85
IV	72	30	28	30
V	73	15	5	5

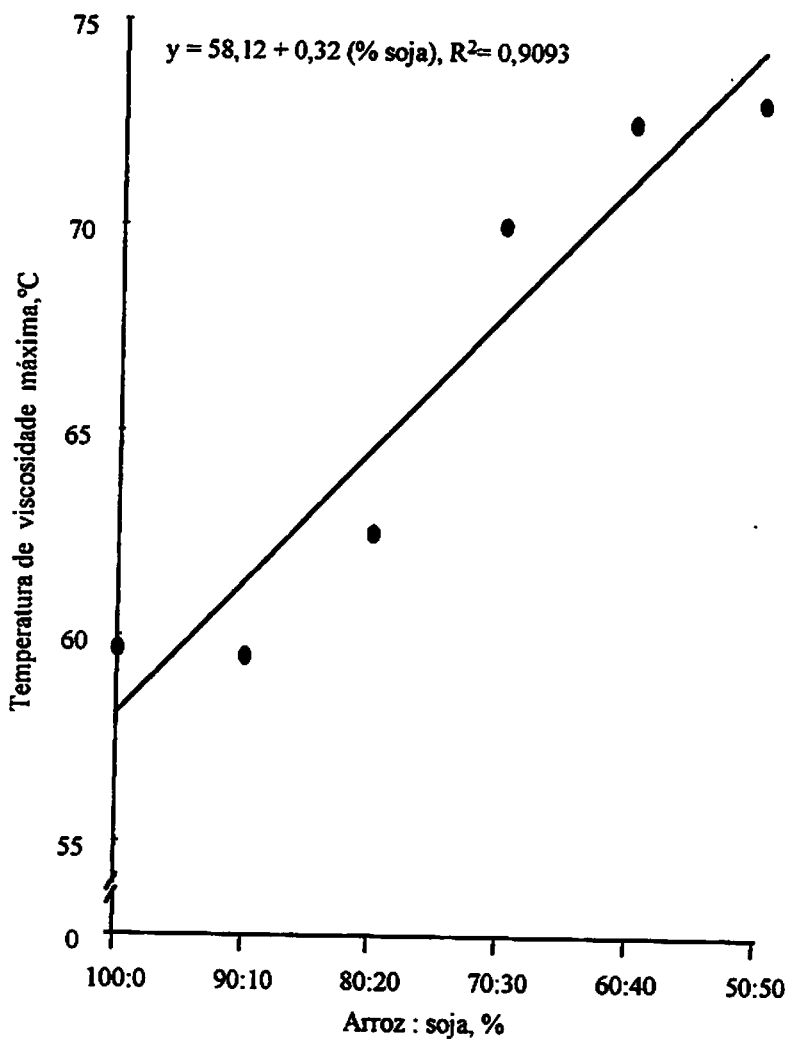


FIGURA 9. Temperatura de viscosidade máxima dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

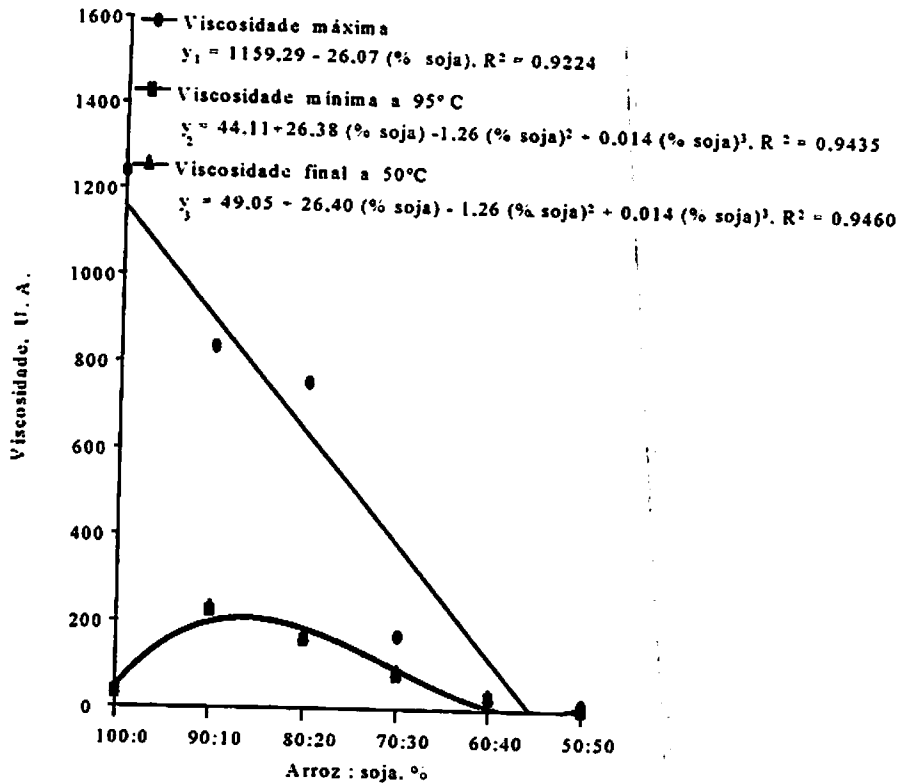


FIGURA 10. Viscosidade máxima, viscosidade mínima a 95°C e viscosidade final a 50°C dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

Segundo Silveira et al. (1981), o amido é o principal componente responsável pela viscosidade e, com o aumento de soja nas farinhas compostas de arroz e soja, a quantidade de amido tende a diminuir, resultando na diminuição de viscosidade. Além disso, a proteína de soja também pode absorver a água que deveria estar disponível para a gelatinização do amido, contribuindo para este decréscimo.

Vijayagopal et al. (1988) constataram que, a presença de amidos solúveis, bem como a interação entre os grânulos intumescidos, causam a

viscosidade de uma suspensão de amido gelatinizado. A diminuição da concentração de amido decresce o número de grânulos, conduzindo a uma diminuição de viscosidade na mesma temperatura de aquecimento.

Desta forma, sugere-se que no presente trabalho, a diminuição no teor de amido, por causa do aumento das proporções de soja nos extratos hidrossolúveis desidratados, tenha justificado os resultados encontrados. Acredita-se também que não tenha ocorrido o fenômeno de retrogradação do amido, pois a equação de regressão da viscosidade final no ciclo de resfriamento foi semelhante àquela da viscosidade mínima à temperatura constante (Figura 10). A ausência de retrogradação nos extratos hidrossolúveis desidratados quando reconstituídos, é considerada bastante desejável no preparo de bebidas.

Observa-se ainda pela Tabela 4, que os valores numéricos da viscosidade mínima a 95°C e da viscosidade final a 50°C das fórmulas I, II, III, contendo, respectivamente, 10; 20 e 30% de soja, foram maiores do que aqueles do controle (0% de soja). Este resultado sugere que a presença das proteínas de soja nos extratos hidrossolúveis desidratados tenha reduzido o rompimento dos grânulos de amido pela ação do ácido cítrico e térmica durante seus preparos, uma vez que Chauhan e Bains constataram que a adição gradativa da farinha de soja desengordurada diminuiu o conteúdo de amido danificado nas farinhas compostas de arroz e soja. Por outro lado, as fórmulas IV e V, correspondentes a 40 e 50% de soja, respectivamente, apresentaram valores de viscosidade inferiores às demais. Este fato se deve à quantidade reduzida de amido presente nestes extratos hidrossolúveis desidratados (fórmulas IV e V).

A Tabela 5 e a Figura 11 apresentam efeitos do aumento das proporções de soja sobre a absorção de água (AA) dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. Nota-se que os valores de AA diminuíram, de forma linear, à medida que aumentava a proporção de soja (0 a 50%). Este resultado é

semelhante aos encontrados por Chauhan e Bains (1985) e Noguchi et al. (1981) em produtos extrudados feitos com mistura de arroz e soja.

TABELA 5. Absorção de água (AA), índice de solubilidade na água (ISA), nitrogênio solúvel na água (NSA), índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), proteína dispersível na água (PDA), índice de dispersibilidade de proteína (IDP), absorção de gordura (AG), atividade emulsificante (AE) e estabilidade de emulsão (EE) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Extrato hidrossolúvel desidratado	AA (% bs)	ISA (%)	NSA (%bs)	ISN (%)	PDA (% bs)	IDP (%)	AG (% bs)	AE (% bs)	EE (%bs)
Controle	531,22	22,28	0,27	23,35	2,08	29,07	67,46	78,03	78,03
I	503,56	32,57	0,49	22,38	5,37	39,34	69,97	79,02	78,56
II	495,83	33,38	0,57	20,03	5,11	28,74	74,41	79,69	78,58
III	341,27	36,19	0,62	16,97	4,87	21,26	78,34	80,83	79,85
IV	263,60	37,41	0,64	12,03	3,78	11,31	84,43	83,92	82,20
V	176,88	39,09	0,64	11,20	3,68	10,28	88,78	86,27	85,16

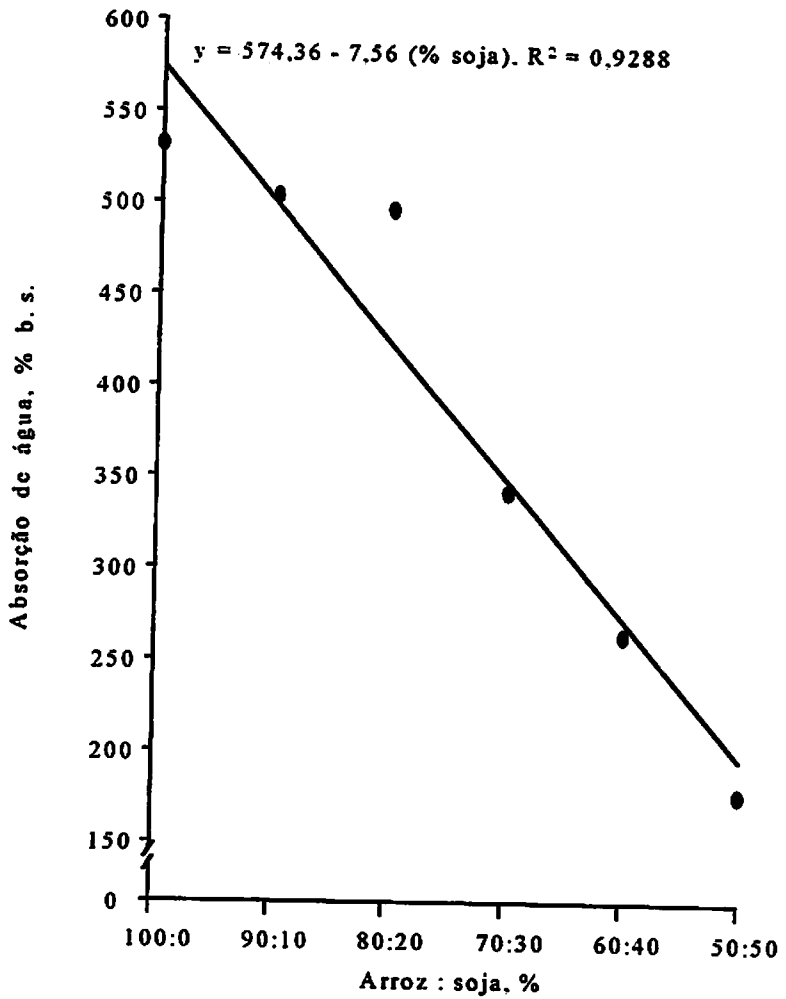
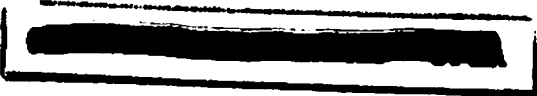


FIGURA 11. Absorção de água dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.



AA é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, segundo James e Sloan (1984), para os quais, valores altos de AA são desejáveis para ajudar a manter umidade dos mesmos. A farinha de soja, conforme Wolf (1970), pode aumentar AA nos produtos de forno, porém diminuir AA no macaroni durante o seu cozimento.

A Tabela 5 e a Figura 12 ilustram os resultados do índice de solubilidade na água (ISA) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja. Observa-se que o ISA aumentou linearmente com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados. Resultado semelhante foi encontrado por Chauhan e Bains (1985) e Silveira et al. (1981), respectivamente, em produtos extrudados e farinhas compostas de arroz e soja, sendo que, Chauhan e Bains (1985) atribuíram esse aumento ao maior conteúdo de proteínas solúveis na farinha de soja desengordurada.

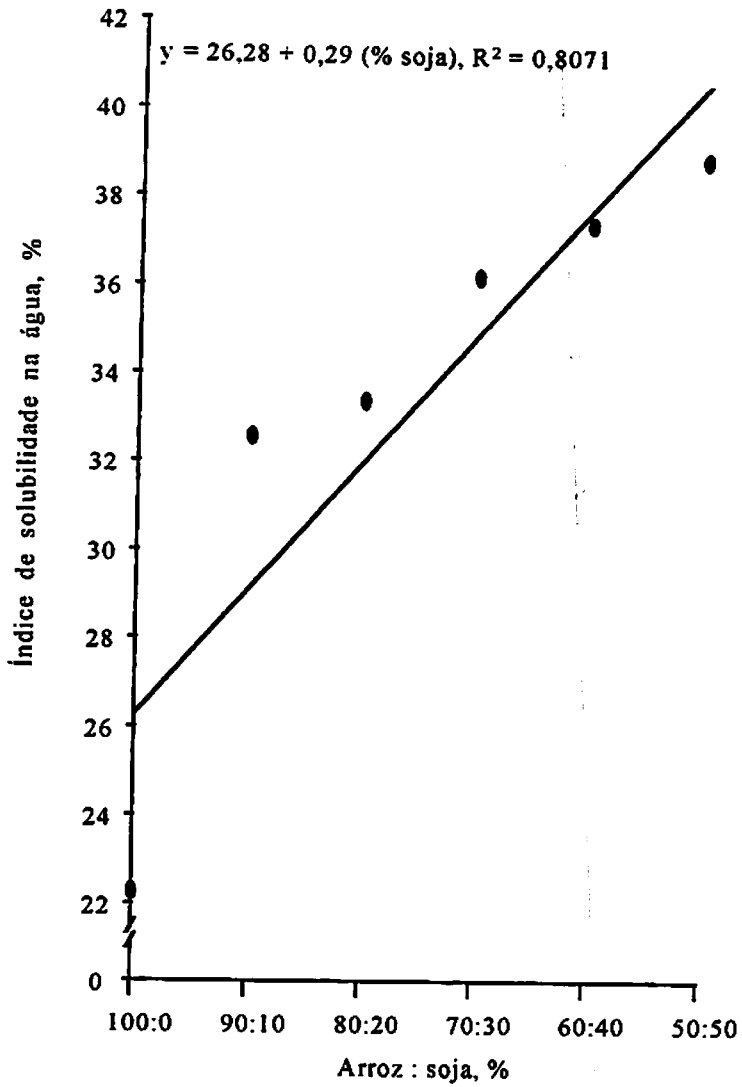


FIGURA 12. Índice de solubilidade na água dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

Os resultados do nitrogênio solúvel na água (NSA), do índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), da proteína dispersível na água (PDA) e do índice de dispersibilidade de proteína (IDP) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja estão apresentados na Tabela 5 e Figuras 13 e 14.

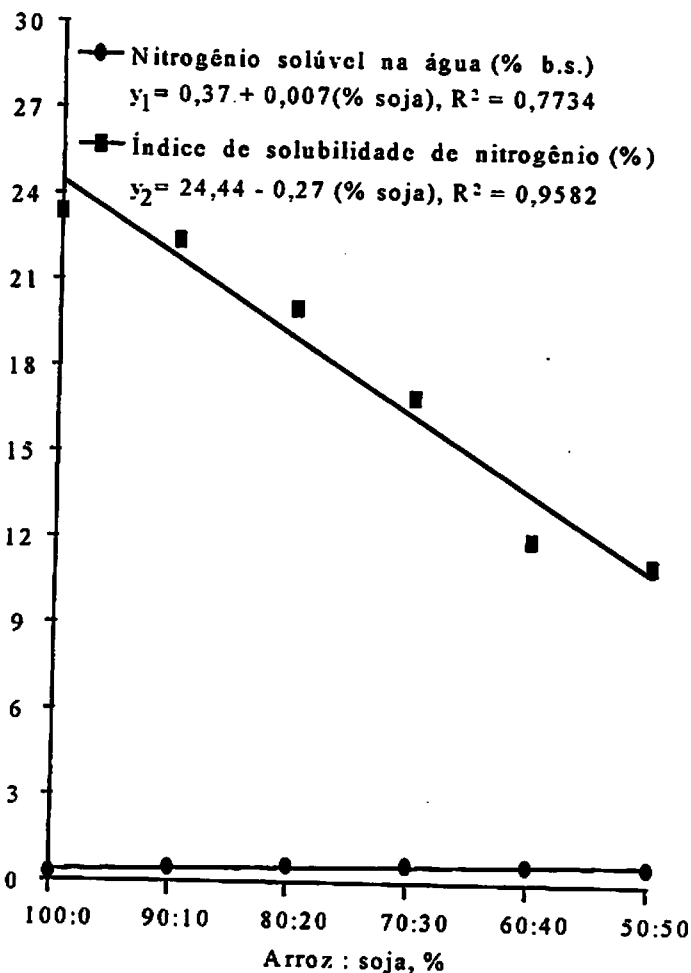


FIGURA 13. Nitrogênio solúvel na água e índice de solubilidade de nitrogênio dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

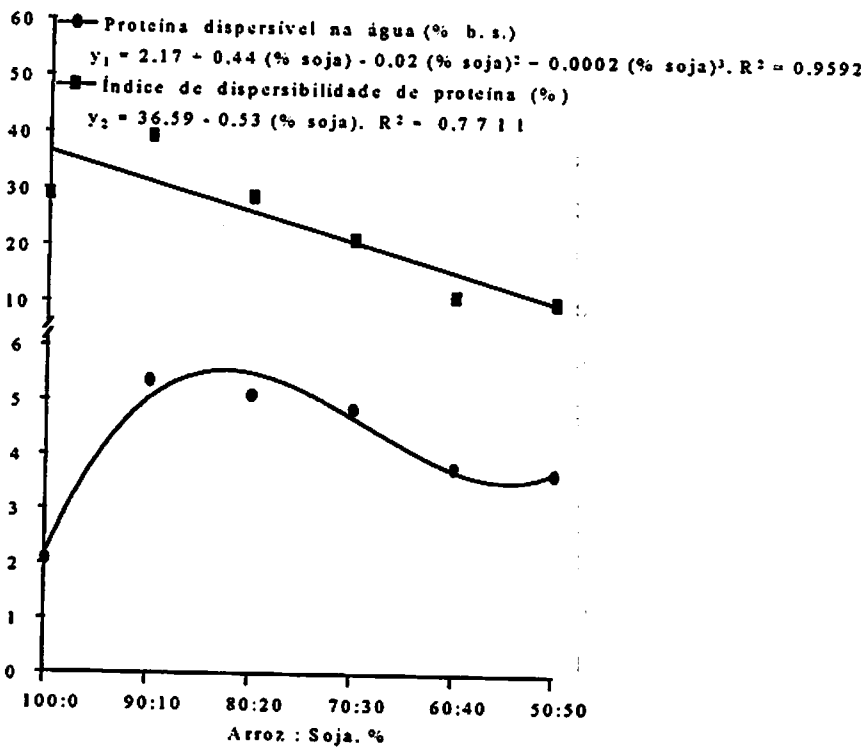


FIGURA 14. Proteína dispersível na água e índice de dispersibilidade de proteína dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

De acordo com Visser e Thomas (1987), o ISN e o IDP são usados para determinar a solubilidade de proteínas de alimentos. Estes dois índices são indicações grosseiras para o grau de desnaturação da proteína sofrida através das condições de processamento. Quanto maior for a solubilidade, menor será o grau de desnaturação, embora a solubilidade e a desnaturação nem sempre se correlacionem entre si. Valores altos de solubilidade são, às vezes, obtidos a partir de proteínas completamente desnaturadas.

Borderías e Montero (1988) relataram que a solubilidade da proteína depende diretamente da proporção de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, localizados no centro e na superfície da molécula, respectivamente.

Verifica-se pelas Tabela 5 e Figuras 13 e 14, que o NSA aumentou linearmente, com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados, enquanto que a PDA aumentou até um máximo na proporção de 10% de soja (Fórmula I), além do qual, diminuiu com o aumento das proporções de soja (10 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados, sendo representada pela equação cúbica. Por outro lado, o ISN e o IDP diminuíram, de forma linear, com o aumento das proporções de soja (0 a 50%).

NSA dos extratos hidrossolúveis desidratados teve correlação negativa com o ISN (coeficiente de correlação = $-0,7867$, significativo ao nível de 5% de probabilidade, Tabela 11A - ANEXOS), indicando que o NSA aumentou com a diminuição do ISN. Sugere-se, portanto, que o aumento de NSA encontrado nos extratos hidrossolúveis desidratados tenha sido atribuído ao aumento dos conteúdos de proteína (7,23 a 35,81%) em função do aumento das proporções de soja (Tabela 2), sendo que este último aumento foi mais acentuado do que aquele do NSA. Conseqüentemente, o ISN diminuiu com o aumento do NSA.

No entanto, o mesmo comportamento não foi observado entre PDA e IDP, nos quais não houve correlação entre si (Tabela 11A - ANEXOS). O controle, não contendo a soja, apresentou o valor de PDA inferior àqueles das demais amostras com a soja. A presença das proteínas de soja nos extratos hidrossolúveis desidratados contribuiu talvez, para o aumento da PDA nas fórmulas contendo a soja. Contudo, a desnaturação das proteínas de soja, devido à ação do ácido cítrico e térmica na obtenção de extratos hidrossolúveis desidratados, explicaria possivelmente, a diminuição de PDA com o aumento das proporções de soja.

Murata et al. (1988) constataram que a solubilidade da proteína do leite de soja mostrou valor mínimo na região isoelétrica ($\text{pH} \cong 4,0$). No entanto, Matsudomi et al. (1985) observaram que, a solubilidade da proteína de soja ácido-modificada aumentou grandemente na região isoelétrica ($\text{pH} \cong 4,5$) da proteína de soja não tratada, sendo que, o ponto isoelétrico da proteína de soja ácido-modificada foi ligeiramente mudado para um pH ácido. O aumento da solubilidade na região isoelétrica pode ser atribuído ao aumento de repulsões eletrostáticas e à diminuição de pontes de hidrogênio, em consequência de desamidação.

Acredita-se que, o ácido cítrico ($\text{pH} \cong 3,3 - 3,5$) utilizado durante a obtenção de extratos hidrossolúveis desidratados tenha resultado provavelmente, numa diminuição de solubilidade da proteína de soja devido à mudança do ponto isoelétrico para uma região de pH mais ácido ($\text{pH} < 4,5$). Além disso, sugere-se também, que o decréscimo da solubilidade de nitrogênio seja por causa da fervura durante 15 min, uma vez que, segundo McWatters e Holmes (1979), o nível da solubilidade de nitrogênio da farinha de soja foi diminuído pela aplicação de calor úmido, sendo que, a maior redução de solubilidade ocorreu durante os primeiros 10 min de aquecimento.

Noguchi et al. (1981) verificaram que, a farinha de arroz, por ter ligações dissulfídicas e interações não covalentes entre as cadeias polipeptídicas e/ou cadeias polipeptídicas e outros constituintes, mostrou uma baixa solubilidade, sendo que esta não foi afetada pela extrusão. Já isso não ocorreu com o isolado protéico de soja, pois a extrusão diminuiu a sua solubilidade devido à formação de ligações isopépticas. Por outro lado, foi também observado pelos autores, que houve uma alta solubilidade de proteína quando a farinha de arroz e o isolado protéico de soja foram extrudados 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 outros covalentes.

A diminuição do ISN e do IDP dos extratos hidrossolúveis desidratados com o aumento das proporções de soja (Tabela 5 e Figuras 13 e 14) é explicada provavelmente, pela diminuição da solubilidade de proteína da soja, bem como do teor de amido do arroz, sendo que este último mostra o “efeito protetor” contra a insolubilização de proteínas de arroz e soja.

NSA dos extratos hidrossolúveis desidratados se correlacionou positivamente com o ISA (coeficiente de correlação = 0,9427, significativo ao nível de 5% de probabilidade, Tabela 11A - ANEXOS), mostrando que o aumento de NSA contribuiu para o aumento de ISA, confirmando aquele observado por Chauhan e Bains (1985).

ISN e IDP obtidos nos extratos hidrossolúveis desidratados tiveram correlações positivas com a AA, apresentando coeficientes de correlação iguais a 0,9713 e 0,9160 respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS). Por outro lado, foi verificada uma correlação negativa entre NSA e AA, apresentando coeficiente de correlação igual a -0,7473, significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS). Porém, não houve correlação entre PDA e AA. O ISA dos extratos hidrossolúveis desidratados se correlacionou negativamente com a AA (coeficiente de correlação = -0,7656, significativo ao nível de 5% de probabilidade, Tabela 11A - ANEXOS).

Segundo Hutton e Campbell (1977a), a solubilidade 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 e Lorient (1989) afirmaram que a AA aumenta com a diminuição de solubilidade.

Wagner e Añon (1990) constataram que, a AA e a solubilidade envolvem diferentes mecanismos que dependem de diversos fatores. De acordo com Hayakawa e Nakai (1985), não é só a hidrofobicidade que determina a solubilidade da proteína, mas também os grupos -SH estão relacionados com a insolubilização de proteínas de soja. Quanto à AA, conforme Wagner e Añon (1990), a alta hidrofobicidade superficial combinada com o baixo número de grupos -SH na estrutura, contribuem para a alta AA.

Embora a correlação positiva entre NSA e PDA seja baixa (coeficiente de correlação = 0,5616, Tabela 11A - ANEXOS), o ISN dos extratos hidrossolúveis desidratados se correlacionou positivamente com o IDP, apresentando coeficiente de correlação igual a 0,9345, significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS). Este resultado sugere que, a PDA nem sempre contribua para o NSA, ou seja, uma proteína pode ser dispersível na água, mas ela não é obrigatoriamente solúvel na água. Porém, o IDP e o ISN são intimamente relacionados.

Assim sendo, Volkert e Klein (1979) observaram que, o IDP aumentou significativamente, nos pHs acima e abaixo da região isoelétrica, variando os seus valores entre os diferentes produtos de soja (isolado, concentrado e flocos). O mesmo foi também observado por Hutton e Campbell (1977a), os quais substituíram o IDP por ISN.

De acordo com Visser e Thomas (1987), o ISN e o IDP são sempre usados como guia prático para saber a funcionalidade da proteína. Sem dúvida, valores altos de ISN e IDP são bastantes úteis para formar uma emulsão real em produtos cárneos. No entanto, os produtos com baixos valores de ISN e IDP podem ser ainda muito funcionais, apresentando boas AA e absorção de gordura, as quais mostram efeito consideravelmente positivo na estabilidade do sistema cárneo.

A Tabela 5 e a Figura 15 apresentam os efeitos do aumento das proporções de soja sobre a absorção de gordura (AG) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja. Nota-se um aumento linear nos valores de AG com o aumento das proporções de soja (0 a 50%).

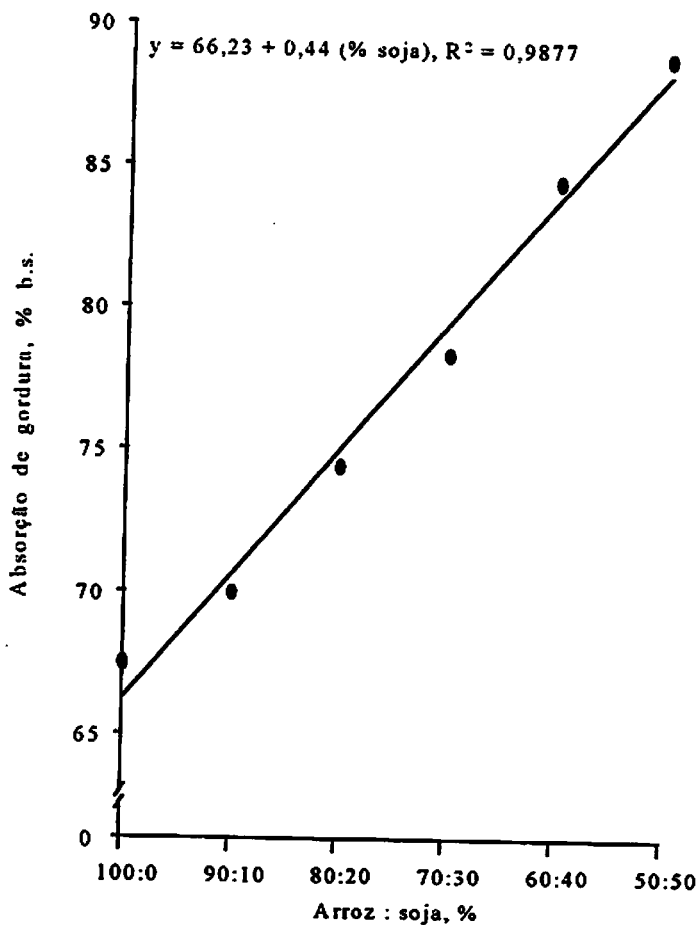


FIGURA 15. Absorção de gordura dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

Segundo Dench, Rivas e Caygill (1981), a AG varia de acordo com o número de grupos lipofílicos expostos na proteína. Lin, Humbert e Sosulski (1974) verificaram que provavelmente, as cadeias laterais não polares da proteína, que possuem afinidade com as parafínicas da gordura, contribuem para a AG. Por outro lado, Hutton e Campbell (1977b) consideraram que o carboidrato diminui esta propriedade, por não absorver tanta gordura quanto a proteína. Portanto, sugere-se que no presente trabalho, o aumento de AG dos extratos hidrossolúveis desidratados em função do aumento das proporções de soja, seja talvez, em consequência da quantidade reduzida de amido e do conteúdo aumentado de proteína.

Foram verificadas correlações negativas entre AG x ISN e AG x IDP, apresentando coeficientes de correlação iguais a -0,9783 e -0,9079 respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS), mostrando que a AG aumentou com a diminuição do ISN e do IDP nos extratos hidrossolúveis desidratados. Resultado semelhante foi verificado por Visser e Thomas (1987), os quais relataram que os produtos protéicos de soja com baixos valores de ISN têm alta capacidade de AG.

AG dos extratos hidrossolúveis desidratados se correlacionou negativamente com a AA (coeficiente de correlação = -0,9725, significativo ao nível de 5% de probabilidade, Tabela 11A - ANEXOS), sugerindo que ambas envolvam mecanismos distintos: a proteína, conforme Hutton e Campbell (1977b), é responsável pela maioria de AG em produtos de soja, enquanto que, Noguchi et al. (1981) constataram que, o amido gelatinizado e os componentes insolúveis contribuem mais do que a proteína para a AA.

De acordo com Kinsella e Melachouris (1976), altos valores de AG são desejáveis em produtos como extensores de carne para melhorar a sua sensação na boca, assim como em produtos viscosos como sopas, queijos processados e massas.

Borderías e Montero (1988) e Cheftel, Cuq e Lorient (1989) relataram que, a solubilidade se correlaciona positivamente com as capacidades emulsificante e espumante, uma vez que a solubilidade inicial permite uma rápida e total dispersão das proteínas, conduzindo a um sistema coloidal finamente disperso com estrutura macroscópica homogênea e textura suave. A solubilidade inicial facilita a difusão das proteínas nas interfaces óleo-água e ar-água, melhorando desta forma sua atividade superficial.

As propriedades emulsificantes abrangem a atividade emulsificante (AE) e a estabilidade de emulsão (EE), sendo mostradas nas Tabela 5 e Figura 16, em função do aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja. Observa-se que, quanto maior a proporção de soja nos extratos hidrossolúveis desidratados, maiores foram os valores da AE e EE, sendo que a equação linear é a que mais se ajusta aos dados.

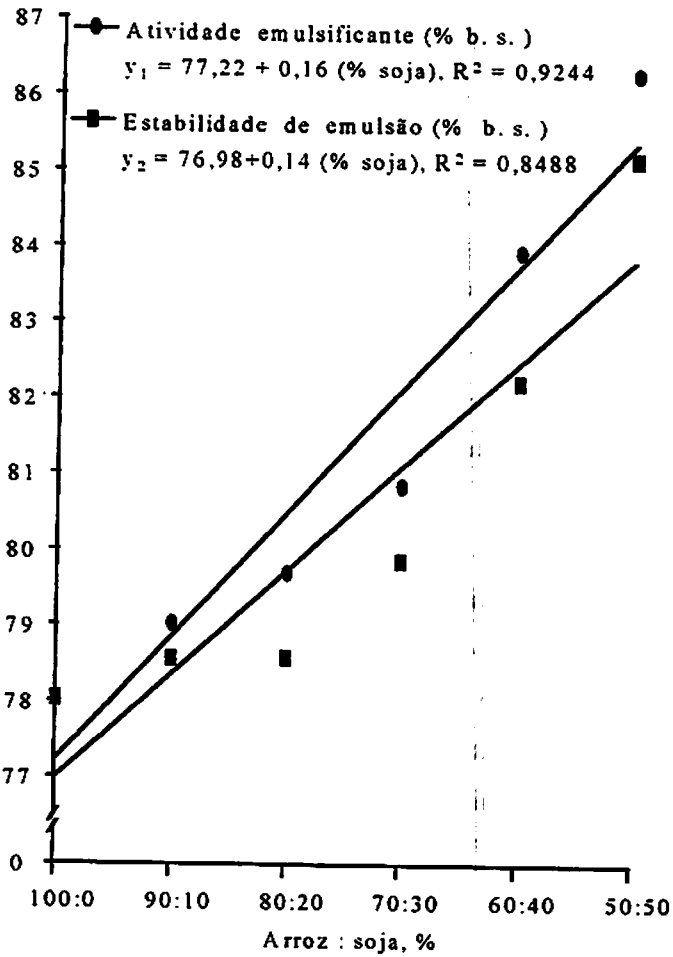


FIGURA 16. Atividade emulsificante e estabilidade de emulsão dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

Vários autores (Yasumatsu et al., 1972; Dench, Rivas e Caygill, 1981; Nath e Rao, 1981) constataram que, as propriedades emulsificantes (AE e EE) da proteína de soja têm sido intimamente relacionadas com o seu conteúdo de proteína ou nitrogênio solúvel. Conforme Borderías e Montero (1988) e Cheftel, Cuq e Lorient (1989), a solubilidade de proteína na água contribui para a

diminuição da tensão interfacial entre os componentes hidrofóbicos e hidrofílicos, aumentando as propriedades emulsificantes. Esta redução na tensão interfacial causada pelas proteínas pode evitar, segundo Hidalgo (1977), a sedimentação de proteínas de baixa solubilidade. Estes fatos estão em parte, confirmados pelos resultados obtidos no presente trabalho, no qual foi verificada uma boa correlação positiva entre AE x NSA, porém uma baixa correlação positiva entre EE x NSA, apresentando coeficientes de correlação iguais a 0,7063 e 0,5698 respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade. Por outro lado, AE e EE foram diretamente correlacionadas entre si, mostrando coeficiente de correlação igual a 0,9293, significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS).

Cheftel, Cuq e Lorient (1989) relataram que as proteínas se adsorvem na interfase entre as gotículas de óleo dispersas e a fase aquosa contínua, desempenhando propriedades de espessamento, viscosidade, elasticidade e rigidez que determinam a resistência das gotículas à coalescência, tendo portanto, duas funções: a) facilitar a formação de emulsão (AE), diminuindo a tensão interfacial; b) contribuir para a estabilidade da emulsão (EE), formando uma barreira física na interfase, porém não existe uma correlação estrita entre estas duas funções.

Desta forma, sugere-se que a AE esteja mais relacionada com a solubilidade da proteína, enquanto que a EE depende mais de sua estrutura, embora o aumento de proteína solúvel favoreça, segundo Volkert e Klein (1979), o aumento da espessura da barreira física formada pela proteína, o que justifica os resultados encontrados.

Os valores numéricos da EE foram menores do que aqueles da AE (Tabela 5). Resultado semelhante foi observado por Volkert e Klein (1979) no isolado protéico de soja, os quais atribuíram essa diminuição de EE à ruptura da barreira física da proteína na região isoelétrica ($\text{pH} \cong 4,5$). Desde que a

solubilidade da proteína tenha sido muito baixa nesta região, a barreira física da proteína ao redor das gotículas de óleo foi também fina. O aquecimento causou a desnaturação da proteína, aumentando a sua fragidez e conseqüentemente, resultou a ruptura da mesma.

Por outro lado, as propriedades emulsificantes (AE e EE) dos extratos hidrossolúveis desidratados se correlacionaram negativamente com o ISN, mostrando coeficientes de correlação iguais a -0,9095 e -0,7847, para AE x ISN e EE x ISN, respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo comportamento foi verificado entre propriedades emulsificantes (AE e EE) e IDP, apresentando coeficientes de correlação iguais a -0,8339 e -0,7268, para AE x IDP e EE x IDP, respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade. Não houve correlação entre AE x PDA e EE x PDA (Tabela 11A - ANEXOS).

Enquanto que os efeitos de pH e temperatura na solubilidade de proteína influenciam provavelmente, na emulsificação em casos específicos, eles não são aparentemente, decisivos, segundo Hutton e Campbell (1977b), em seus efeitos sobre a emulsificação em todas as combinações de pH-temperatura.

Murata et al. (1988) verificaram que as propriedades emulsificantes da proteína de soja aumentaram, quando a proteína era hidrolisada por ácido sob condições adequadas, e também, quando o conteúdo da proteína era alto. Entretanto, a AE e a EE da proteína de soja mostraram valores mínimos na região isoeletrica (pH = 4,5 - 4,8).

Matsudomi et al. (1985) observaram que a AE e a EE atingiram os seus máximos após tratamento térmico a 95°C por 30 min, e atribuíram este acréscimo ao aumento de hidrofobicidade na superfície de proteína.

Acredita-se, portanto, que as propriedades emulsificantes (AE e EE) dos extratos hidrossolúveis desidratados do presente trabalho, tenham sido aumentadas por causa da ação de ácido cítrico e térmica durante seus preparos,

uma vez que o ácido cítrico pode hidrolisar a proteína, aumentando o nitrogênio e proteína solúvel na água, e a fervura por 15 min pode aumentar a hidrofobicidade na superfície de proteína. Porém, o aumento dos conteúdos de proteína em função do aumento das proporções de soja (Tabela 2) foi mais relevante do que aquele do NSA e da PDA. Em consequência disso, as propriedades emulsificantes aumentaram com a diminuição do ISN e do IDP.

Houve correlação positiva entre AE x AG e EE x AG, apresentando coeficientes de correlação iguais a 0,9379 e 0,8254 respectivamente, significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS), indicando que as propriedades emulsificantes (AE e EE) aumentaram com o aumento da AG nos extratos hidrossolúveis desidratados. Este resultado é explicado provavelmente, por Visser e Thomas (1987), os quais constataram que a proteína de soja encapsula as gotículas de gordura e forma uma rede contínua de proteína-gel através da fase aquosa, desempenhando desta forma, a sua função emulsificante.

De acordo com os mesmos autores, a relação entre propriedades emulsificantes e solubilidade é mais importante em emulsões de baixa viscosidade do que naquelas viscosas. Em carne moída, por exemplo, onde a proteína de soja com 50% de solubilidade já garante uma capacidade emulsificante adequada e uma estabilidade pelo calor para evitar a separação de gordura.

Yasumatsu et al. (1972) constataram que as propriedades espumantes podem ser representadas pela expansão e estabilidade de espuma. O volume e a sinérese de espuma são usados, segundo Dench, Rivas e Caygill (1981), como índices da estabilidade de espuma, sendo que a sinérese é o inverso da estabilidade. O aumento na sinérese de espuma nem sempre é acompanhado pela correspondente diminuição no volume de espuma devido à aderência de espuma na superfície do vasilhame usado na determinação. Portanto, conforme James e

Sloan (1984), a sinérese de espuma é uma medida mais precisa do que o volume de espuma para verificar a estabilidade de espuma.

A Tabela 6 e as Figuras 17, 18 e 19 apresentam os resultados das propriedades espumantes dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja. Verifica-se que houve uma diminuição na expansão de espuma quando aumentou-se as proporções de soja (0 a 50%), sendo melhor representada por uma equação linear (Figura 17). Comportamento semelhante foi observado para o volume de espuma após 30, 60 e 120 min, respectivamente (Figura 18). Nota-se que a sinérese aumentou com o incremento das proporções de soja (0 a 50%) nos tempos de 30, 60 e 120 min, respectivamente (Figura 19), sendo representadas pelas equações lineares.

TABELA 6. Propriedades espumantes (% base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Extrato hidrossolúvel desidratado	Expansão de espuma (%)	Volume de espuma (%) após			Sinérese (%) após		
		30 min	60 min	120 min	30 min	60 min	120 min
Controle	115,35	89,06	82,81	82,81	15,62	17,19	17,19
I	111,17	85,64	80,00	80,00	17,06	19,06	19,06
II	89,04	78,57	74,28	72,28	21,91	23,81	24,64
III	80,52	32,49	30,49	13,79	65,52	89,47	90,48
IV	67,58	16,03	8,97	7,93	90,00	91,55	93,10
V	7,70	0	0	0	100,00	100,00	100,00

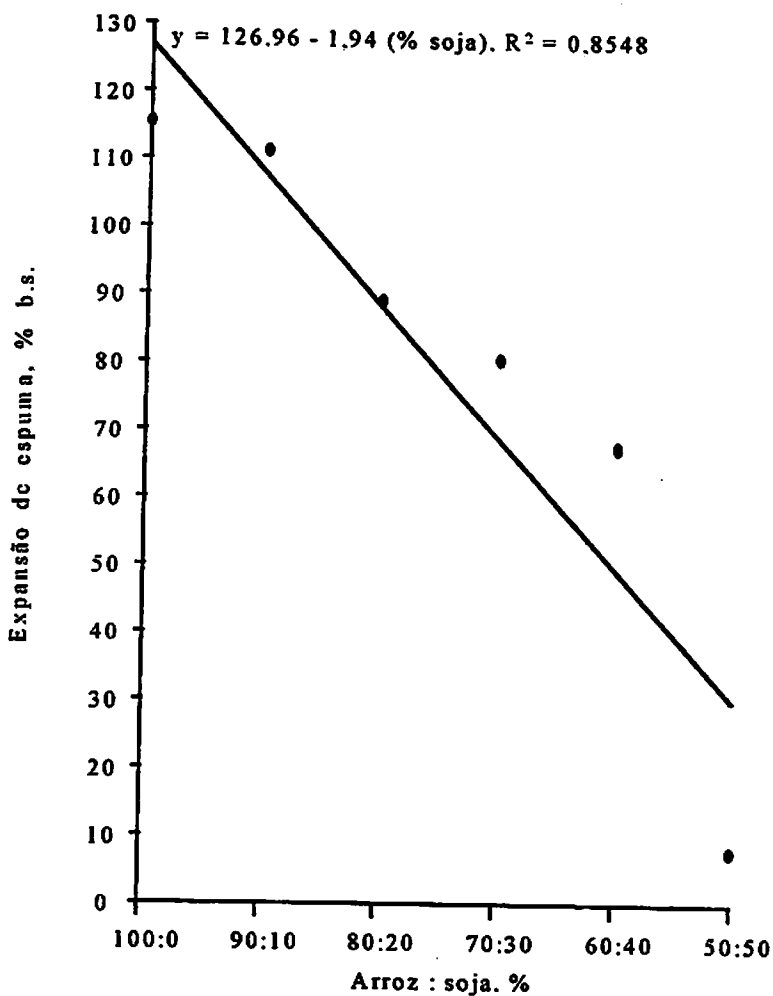


FIGURA 17. Expansão de espuma dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

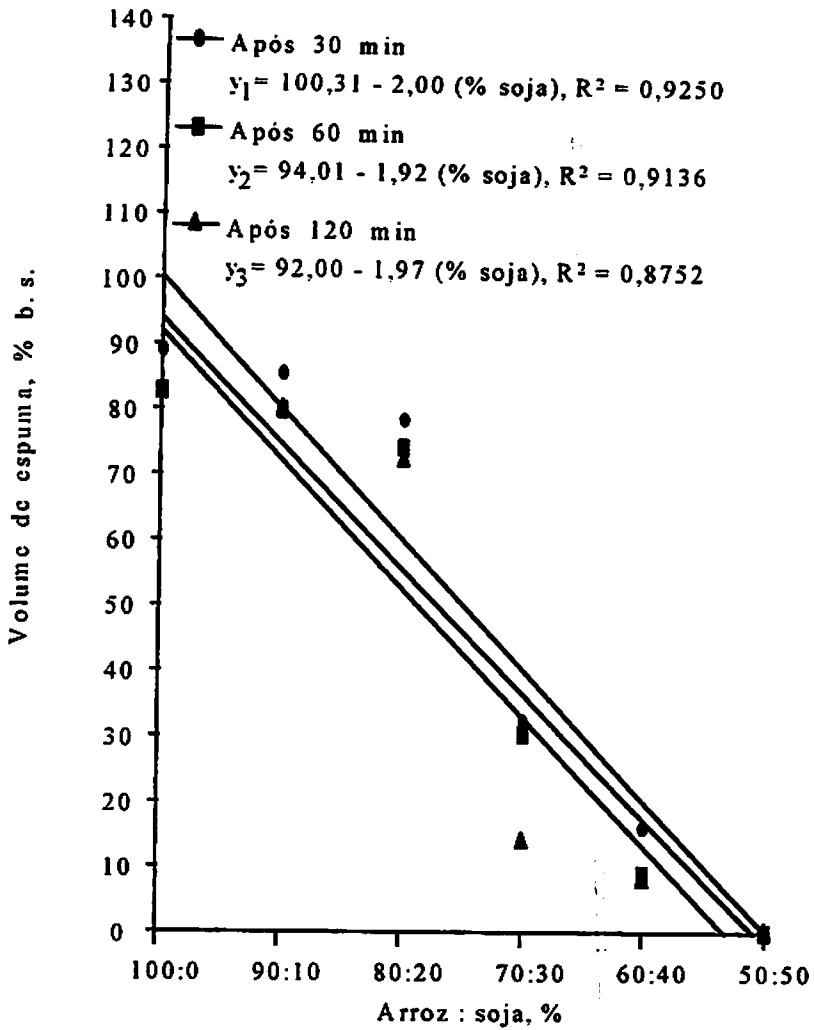


FIGURA 18. Volume de espuma após 30, 60 e 120 min dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

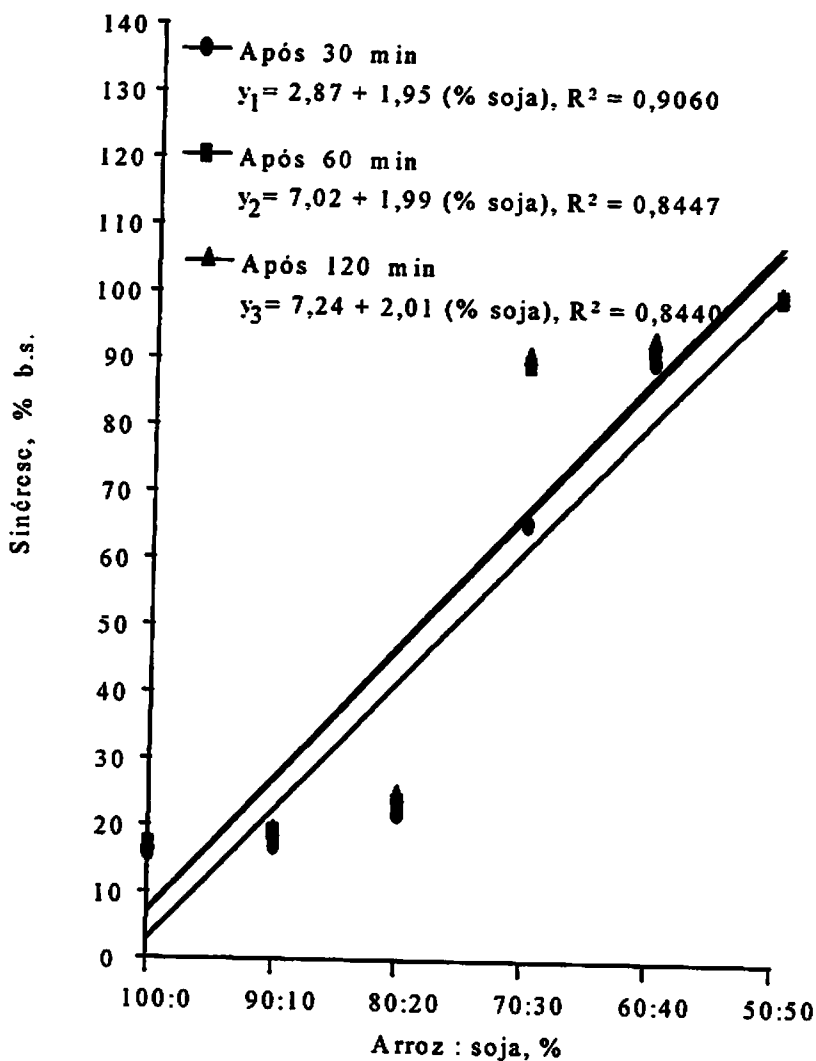


FIGURA 19. Sinérese após 30, 60 e 120 min dos extratos hidrossolúveis desidratados em função da proporção de arroz e soja utilizada em suas elaborações.

A diminuição na expansão e no volume de espuma dos extratos hidrossolúveis desidratados se deve possivelmente, ao aumento dos teores de extrato etéreo (0,62 a 5,86%) com o aumento das proporções de soja (Tabela 2),

uma vez que, Yasumatsu et al. (1972) verificaram que houve coeficiente de correlação negativo entre as propriedades espumantes e o conteúdo de gordura.

De acordo com Yasumatsu et al. (1972), se produz alta expansão de espuma com alta dispersibilidade de proteína e nitrogênio, o que está em parte, confirmado pelos resultados obtidos no presente trabalho, no qual foi observada uma correlação positiva para expansão de espuma x ISN e expansão de espuma x IDP, apresentando respectivamente, coeficientes de correlação iguais a 0,8840 e 0,8267, significativos ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo comportamento não foi verificado para expansão de espuma x NSA e expansão de espuma x PDA (Tabela 11A - ANEXOS).

O fato de que o aumento do NSA e do conteúdo de proteína em função do aumento das proporções de soja nos extratos hidrossolúveis desidratados tenha resultado numa diminuição da expansão de espuma, sugere que, outros constituintes além da proteína, podem ajudar na expansão de espuma. Este foi verificado por Lawhon, Cater e Matil (1972), os quais relataram que muitos extratos hidrossolúveis de oleaginosas apresentaram alto potencial espumante.

A expansão de espuma dos extratos hidrossolúveis desidratados teve correlação positiva com o volume de espuma, apresentando coeficientes de correlação iguais a 0,8836 (após 30 min), 0,8657 (após 60 min) e 0,8216 (após 120 min), significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS). No entanto, foi verificada uma correlação negativa entre a expansão e a sinérese de espuma, mostrando os coeficientes de correlação iguais a -0,9985 (após 30 min), -0,9788 (após 60 min) e -0,9784 (após 120 min), significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11A - ANEXOS). Desta forma, sugere-se que a estabilidade de espuma esteja positivamente relacionada com a expansão de espuma nos extratos hidrossolúveis desidratados estudados.

Por outro lado, segundo Yasumatsu et al. (1972), a estabilidade de espuma nem sempre se correlacionou com a expansão de espuma. Alguns

produtos de soja apresentaram baixa estabilidade, apesar de ter alta expansão de espuma, enquanto que os outros mostraram a estabilidade proporcional à expansão de espuma. A estabilidade de espuma se correlacionou altamente com o grau de desnaturação da proteína.

Cheftel, Cuq e Lorient (1989) relataram que, para a expansão de espuma, são necessárias proteínas de cadeias flexíveis, pobres em estruturas secundárias e terciárias que se adaptam rapidamente na interfase ar-líquido. Além disso, é preciso que estas proteínas tenham, na sua superfície, a possibilidade de formar ligações hidrofóbicas. No caso de estabilidade de espuma, é necessário sobretudo, que se formem películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar.

Satterlee e Bembers (1975) e Murata et al. (1988) verificaram que, uma alta estabilidade de espuma foi encontrada em pH 4,0, sendo que esta foi aumentada pelo aquecimento a 70-80°C. Segundo Matsudomi et al. (1985), a desnaturação parcial da proteína de soja induzida pelo tratamento fracamente ácido, aumentou a estabilidade de espuma. No entanto, Dench, Rivas e Caygill (1981) constataram que a desnaturação no pH 4,0 poderia ser prejudicial para a expansão e a estabilidade de espuma.

O controle e as fórmulas I e II, contendo respectivamente, 0; 10 e 20% de soja, mostraram boas propriedades espumantes (Tabela 6). De acordo com James e Sloan (1984), a expansão e a estabilidade de espuma são importantes em produtos de forno, merengues e coberturas de bolo, por ajudarem na incorporação de ar nestes produtos.

4.5 Composição química e comportamento reológico da bebida reconstituída

A Tabela 7 mostra a composição química das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções. Exceto para sólidos totais, os teores de proteína, matéria graxa, cinzas e fibra bruta aumentaram, enquanto que o conteúdo de carboidratos diminuiu com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nas bebidas reconstituídas.

TABELA 7. Composição química (g/100 ml) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções¹.

Extrato hidrossolúvel desidratado	Sólidos totais (%)	Proteína bruta (%)	Matéria graxa (%)	Cinzas (%)	Fibra bruta (%)	Carboidratos ² (%)
Controle	6,44	0,46 f	0,04 f	0,11 f	0,06 d	5,77 a
I	6,44	0,88 e	0,09 e	0,14 e	0,07 cd	5,26 ab
II	6,44	1,15 d	0,17 d	0,17 d	0,08 c	4,87 ab
III	6,44	1,49 c	0,24 c	0,19 c	0,11 b	4,41 b
IV	6,44	2,10 b	0,31 b	0,27 b	0,12 ab	3,64 bc
V	6,45	2,33 a	0,38 a	0,29 a	0,13 a	3,32 c
D.M.S.	—	0,17	0,03	0,01	0,02	1,08
C.V. (%)	0,83	4,54	4,79	2,42	6,12	0,96

¹ As médias seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

² Calculado por diferença (sólidos totais - proteína - matéria graxa - cinzas - fibra bruta).

[REDACTED]

As propriedades reológicas e o comportamento do fluido das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja estão apresentados na Tabela 8, e nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente. Verifica-se que o índice de consistência (Kow) diminuiu com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nas bebidas reconstituídas. O controle, não contendo a soja, apresentou Kow superior às fórmulas contendo a soja. A fórmula II, contendo 20% de soja, mostrou Kow maior que a fórmula I com 10% de soja. Entretanto, a taxas de deformação superiores a 3 s^{-1} , a viscosidade aparente da fórmula I foi maior que a da fórmula II (Figura 20). Resultado inverso foi verificado no índice de comportamento do fluxo (n) (Tabela 8).

TABELA 8. Propriedades reológicas (a 15°C), segundo o modelo de “Lei de Potência”, das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções¹.

Bebida reconstituída	Índice de consistência (Kow)	Índice de comportamento do fluxo (n)	Caracterização do fluido
Controle	278,3 a	0,54 e	pseudoplástico
I	53,7 b	0,86 c	pseudoplástico
II	65,7 b	0,67 d	pseudoplástico
III	4,0 c	0,97 b	pseudoplástico
IV	—	1,00 a	Newtoniano
V	—	1,00 a	Newtoniano
D.M.S.	18,29	0,02	
C.V. (%)	9,98	0,74	

¹ As médias seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

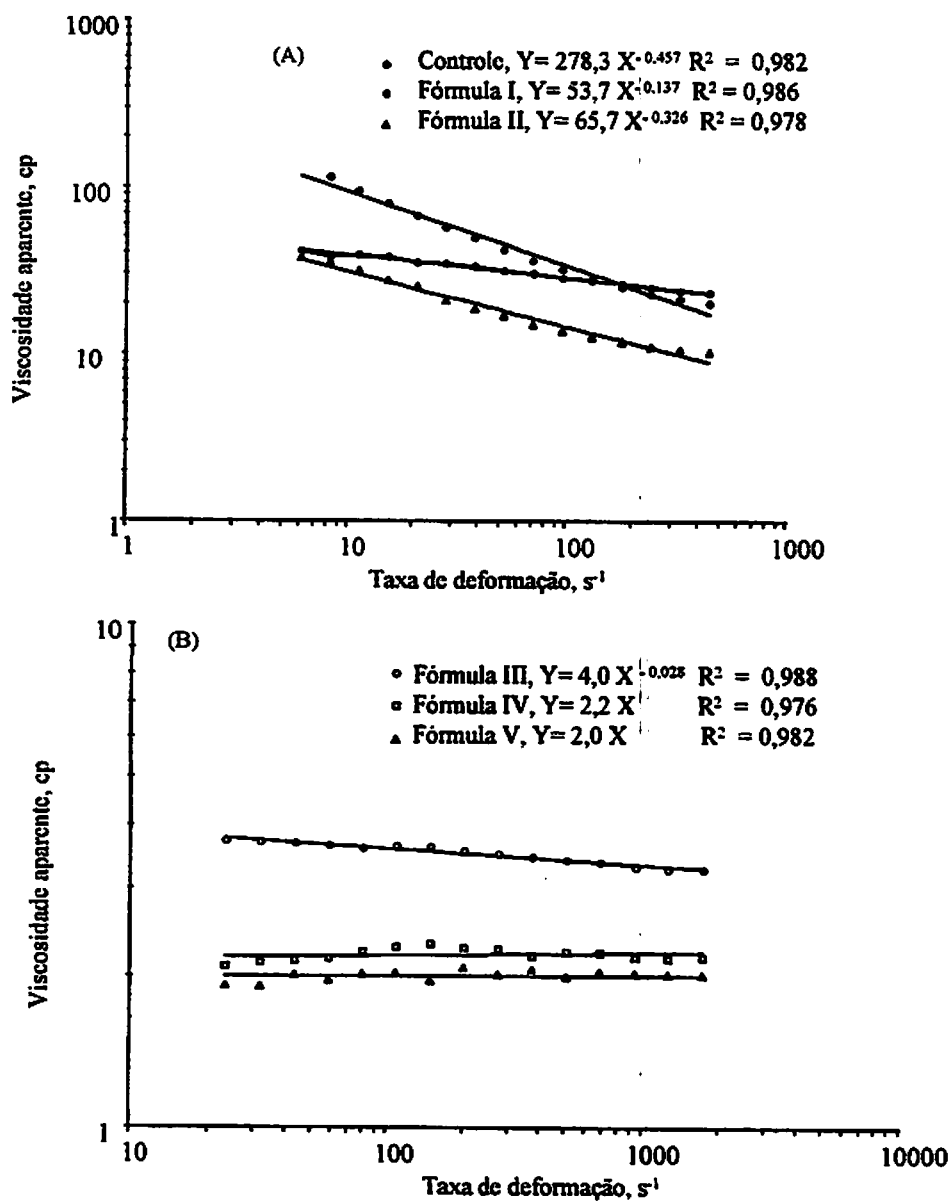


FIGURA 20(A e B). Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções, a 15°C.

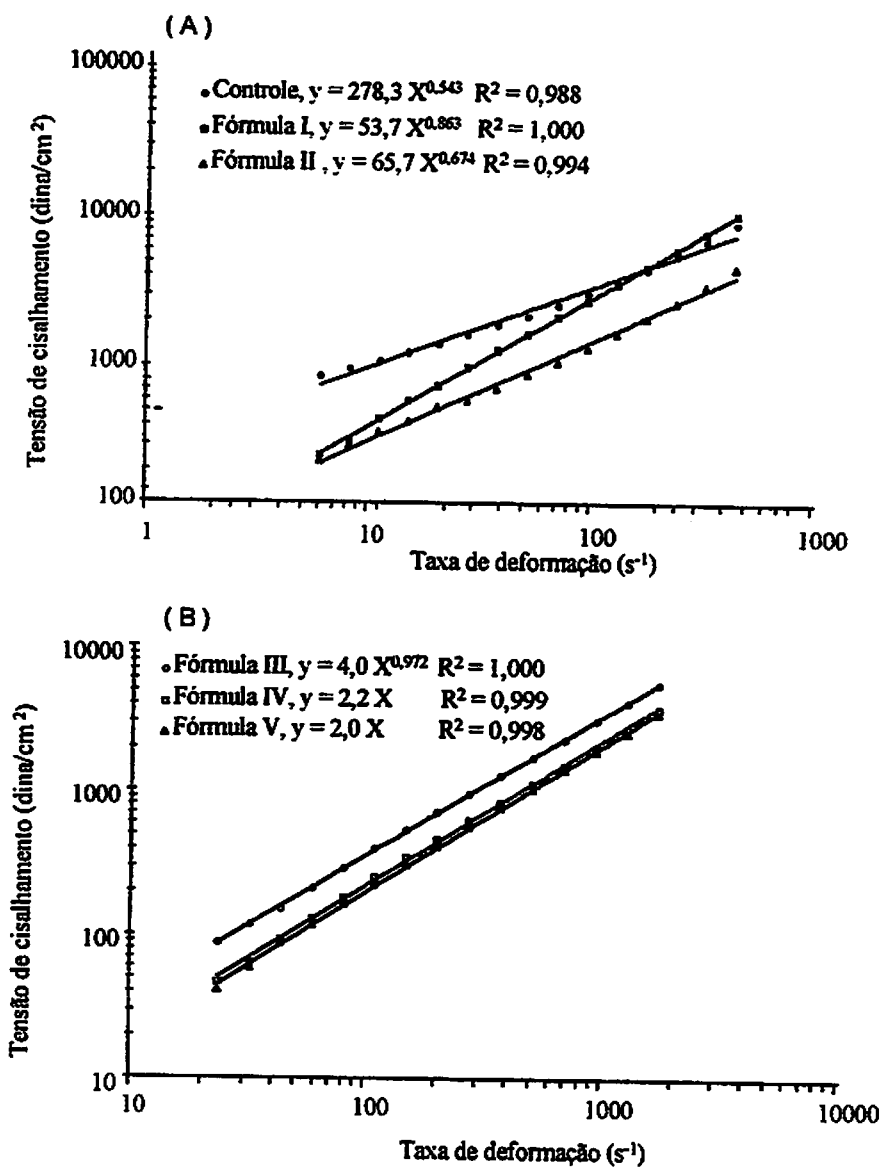


FIGURA 21 (A e B). Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções, a 15°C.

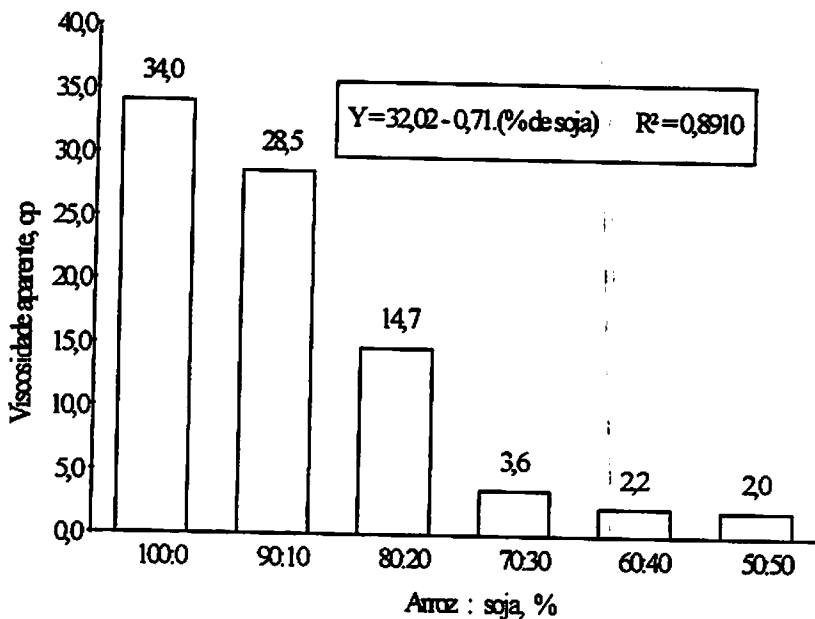


FIGURA 22. Viscosidade aparente ($T = 15^{\circ}\text{C}$; $\gamma = 100 \text{ s}^{-1}$) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.

A tensão de cisalhamento aumentou com o aumento da taxa de deformação (Figura 21). A viscosidade aparente, numa dada faixa de taxa de deformação, mostrou o comportamento inverso (Figura 20). Pode-se observar que a baixas taxas de deformação, o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nas bebidas reconstituídas resultou numa redução em suas viscosidades aparentes. À medida que aumentava a taxa de deformação, as viscosidades aparentes do controle e das fórmulas I e II, correspondentes a 0; 10 e 20% de soja respectivamente, decresceram e se aproximaram entre si, mostrando comportamento fortemente pseudoplástico ($0,54 \leq n \leq 0,86$, Tabela 8). A fórmula III, contendo 30% de soja, comportou-se como um fluido ligeiramente pseudoplástico ($n = 0,97$, Tabela 8), onde existiu um pequeno decréscimo da

viscosidade aparente a baixas taxas de deformação. As fórmulas IV e V, correspondentes a 40 e 50% de soja respectivamente, foram do tipo Newtoniano ($n = 1,00$, Tabela 8). As três últimas amostras aproximaram-se entre si a taxas de deformação superiores a 200 s^{-1} .

Segundo Forster e Ferrier (1979), o comportamento pseudoplástico poderia facilitar o bombeamento da bebida por ter exigido menos força para bombear a bebida numa maior velocidade, que é devido à redução da viscosidade da bebida em maiores taxas de deformação.

A viscosidade aparente de bebidas reconstituídas a taxa de deformação de 100 s^{-1} e a 15°C é mostrada na Figura 22. A viscosidade aparente variou de 34,0 a 2,0, para o controle (0% de soja) e a fórmula V (50% de soja), respectivamente.

De acordo com Oguntunde e Akintoye (1991), a viscosidade é dependente do teor de sólidos totais e da composição de proteína, lipídio, carboidrato, fibra bruta e cinzas. Kahn et al. (1990) e Forster e Ferrier (1979) afirmaram que o comportamento do fluxo de alimentos é alterado pelas mudanças na temperatura.

Contudo, no presente trabalho, considerando-se que o conteúdo de sólidos totais e o pH ($\cong 3,3-3,5$) sejam próximos para todas as bebidas estudadas, bem como usada a mesma temperatura (15°C) nas análises reológicas, sugere-se que o aumento nos teores de proteína, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta, e a diminuição de carboidratos, especialmente amido, com o aumento das proporções de soja nas bebidas reconstituídas tenham explicado os resultados encontrados.

4.6 Características sensoriais da bebida reconstituída e formulada

Na elaboração de novos produtos alimentícios, o problema da aceitabilidade, por parte da população alvo, constitui um fator crucial para seu desempenho. Assim sendo, as boas características sensoriais de bebidas reconstituídas e formuladas são consideradas requisitos importantes na sua elaboração e/ou aceitação.

A Tabela 9 apresenta os escores obtidos na avaliação sensorial de aparência, consistência e sabor das bebidas reconstituídas e formuladas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções. Verifica-se que, as fórmulas I, II, III e IV, contendo respectivamente, 10; 20; 30 e 40% de soja, não apresentaram diferenças significativas entre si em aparência e consistência, tendo escores superiores, em relação a fórmula V com 50% de soja. Quanto ao atributo de sabor, não houve diferenças significativas entre as fórmulas I, II e III, contendo respectivamente, 10; 20 e 30% de soja, sendo superiores às demais amostras. A fórmula I, correspondente a 10% de soja, mostrou-se estatisticamente semelhante às fórmulas II, III e IV, contendo respectivamente, 20; 30 e 40% de soja, porém, as fórmulas II e III foram diferentes da fórmula IV. As fórmulas II e III apresentaram, portanto, o melhor sabor. Em todas as bebidas estudadas, observa-se que houve melhoria no sabor das bebidas reconstituídas e formuladas com até 30% de soja, além da qual, ocorreu um decréscimo nos escores. Por outro lado, os escores para a aparência e a consistência diminuíram com o aumento das proporções de soja.

TABELA 9. Escores da avaliação sensorial de aparência, consistência e sabor para as bebidas reconstituídas e formuladas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções¹.

Bebida reconstituída e formulada	Aparência	Consistência	Sabor
I	8,61 a	9,05 a	8,39 ab
II	8,73 a	8,98 a	8,55 a
III	8,75 a	8,96 a	8,57 a
IV	8,59 a	8,91 a	8,30 bc
V	7,95 b	7,89 b	8,09 c
D.M.S	0,25	0,18	0,22
C.V. (%)	1,53	1,10	1,35

¹As médias seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Bakar e Hin (1984) não constataram diferenças na textura, sabor e preferência global por flocos formulados, contendo diferentes proporções de arroz e soja integral (10 a 30% de soja). Por outro lado, Cheryan et al. (1979) e Segura et al. (1988) verificaram que a substituição de até 20% de arroz pela soja nos alimentos infantis não causou diferença na qualidade sensorial.

Através das Tabela 9 e Figura 22, nota-se que os melhores níveis de viscosidade aparente que se correlacionavam com as melhores consistências variaram de 28,5 a 2,2 cp, sendo que os escores de consistência diminuíram com a diminuição de viscosidade aparente. De forma que, apenas as fórmulas I, II, III e IV, contendo respectivamente, 10; 20; 30 e 40% de soja, foram submetidas ao teste de preferência (Tabela 10). Verifica-se que as fórmulas II e III, contendo respectivamente, 20 e 30% de soja, apresentaram os maiores escores (acima de 8 = gostei muito), sendo mais preferidas pela equipe massal de provadores. As fórmulas I e IV, contendo respectivamente, 10 e 40% de soja, foram menos

preferidas, embora tenham obtido escores superiores a 7,5 (7 = gostei regularmente).

Os resultados das Tabelas 8, 9 e 10, indicam que a preferência de provadores pelas bebidas reconstituídas e formuladas do controle e das fórmulas I, II e III esteve mais relacionada com o sabor, sendo que o comportamento ligeiramente pseudoplástico da fórmula III explicava melhor a preferência.

TABELA 10. Preferência de bebidas reconstituídas e formuladas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções¹.

Bebida reconstituída e formulada	Preferência
I	7,81 c
II	8,25 b
III	8,74 a
IV	7,59 d
D.M.S.	0,19
C.V. (%)	7,34

¹ As médias seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais utilizadas na realização deste trabalho e de acordo com os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

- Com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja, houve um aumento nos teores de proteína, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta, fósforo, cálcio, potássio, magnésio, ferro, cobre e zinco. Porém ocorreu uma diminuição nos teores de carboidrato, sódio, cobalto, cromo e alumínio. Os teores de selênio, manganês e molibdênio não foram alterados.
- Os teores (mg/100g) de fósforo, potássio, magnésio, cobre e cobalto foram altos em alguns extratos hidrossolúveis desidratados estudados, sendo semelhantes ao recomendado diário pela RDA.
- O aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja resultou num aumento da temperatura de viscosidade máxima de sua pasta. Contudo, a viscosidade máxima diminuiu com o aumento das proporções de soja (0 a 50%), o que não ocorreu com a viscosidade mínima à temperatura constante e viscosidade final no ciclo de resfriamento, as quais aumentaram até um máximo na proporção de 10% de soja, além do qual, diminuíram com o aumento das proporções de soja (10 a 50%).
- A ausência de retrogradação nos extratos hidrossolúveis desidratados estudados, é considerada bastante desejável na sua reconstituição para o preparo de bebidas.
- Houve um aumento no índice de solubilidade na água, no nitrogênio solúvel na água, na absorção de gordura, na atividade emulsificante, na estabilidade de emulsão e na sinérese de espuma, porém uma diminuição na absorção de água, no índice de solubilidade de nitrogênio, no índice de

dispersibilidade de proteína e na expansão e no volume de espuma, com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. Por outro lado, a proteína dispersível na água aumentou até um máximo no extrato hidrossolúvel desidratado com 10% de soja, além do qual, diminuiu com o aumento das proporções de soja (10 a 50%) nos extratos hidrossolúveis desidratados.

- As bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja nas respectivas proporções de 100:0; 90:10 e 80:20%, mostraram comportamento pseudoplástico. Por outro lado, a adição de 40 e 50% de soja resultou num comportamento Newtoniano, e a de 30% de soja apresentou comportamento ligeiramente pseudoplástico. A viscosidade aparente diminuiu com o aumento das proporções de soja (0 a 50%) nas bebidas estudadas, sendo que a diminuição foi mais acentuada para as bebidas com mais de 20% de soja.

- As bebidas reconstituídas e formuladas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja nas proporções de 90:10; 80:20; 70:30 e 60:40% respectivamente, mostraram melhores aparência e consistência, sendo que aquelas com 20 e 30% de soja apresentaram o melhor sabor. A amostra com 30% de soja foi a mais preferida pela equipe massal de provadores, tendo viscosidade aparente de 3,6 cp.

6 RECOMENDAÇÕES

– Recomenda-se os extratos hidrossolúveis desidratados elaborados respectivamente com 80:20 e 70:30% de arroz:soja, para o uso em produtos cárneos, de panificação, de confeitaria e de chocolataria, sopas, molhos, cremes e bebidas. No entanto, os extratos hidrossolúveis desidratados contendo respectivamente 100:0 e 90:10% de arroz:soja, são mais recomendados para o uso em bolos, pães, merengues e coberturas de bolo, enquanto que aqueles com 60:40 e 50:50% de arroz:soja, respectivamente, são considerados mais importantes para o uso em extensores de carne, queijos processados e maioneses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AAL, E.M.; YOUSSEF, M.M.; ADEL-SHEHATA, A.; EL-MAHDY, A.R. Extractability and functionality of rice proteins and their application as meat extenders. **Food Chemistry**, New York, v.20, n.1, p.79-83, Aug. 1986.
- ALI, A.B. Kinetics of acid inactivation of soybean lipoxygenase and its effects on the functional properties of soy protein. **Dissertation Abstracts International B**, v.50, n.2, p.388, 1989. In: **FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ABSTRACTS**, v.22, n.7, p.99, July 1990. (abst. 7J120).
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 7.ed. St. Paul:AACC, 1969. 2v.
- AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official and tentative methods of the American Oil Chemist's Society**. 3.ed. Champaign:AOCS, 1980.
- ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JR. E.L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p.4-12, Jan. 1969.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Agriculture Chemists**. 9.ed. Washington, 1960. p.188.
- BAKAR, J.; HIN, Y.S. High-protein rice-soya breakfast cereal. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.8, n.3-4, p.163-174, Apr. 1984.
- BEAN, M.M. Rice flour; its functional variations. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.31, n.7, p.477-480, July 1986.
- BERA, M.B.; MUKHERJEE, R.K. Solubility, emulsifying, and foaming properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.1, p.142-145, Jan./Feb. 1989.

- BLIGH, E.G.; DYER, W.J.A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, Aug. 1959.
- BORDERÍAS, A.J.; MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, v.28, n.2, p.159-169, jun./ago. 1988.
- 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*, Chicago, v.22, n.2, p.115-118, Mar./Apr. 1985.
- CHAUHAN, G.S.; BAINS, G.S. Effect of some extruder variables on physico-chemical properties of extruded rice-legume blends. *Food Chemistry*, New York, v.27, n.3, p.213-224, June 1988.
- CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. *Proteínas alimentarias*. Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.
- CHERYAN, M.; McCUNE, T.D.; NELSON, A.I.; FERRIER, L.K. Preparation and properties of soy-fortified cereal weaning foods. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.56, n.6, p.548-551, Nov./Dec. 1979.
- CIRCLE, S.J.; MEYER, E.W.; WHITNEY, R.W. Rheology of soy protein dispersions; effect of heat and other factors on gelation. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.41, n.3, p.157-172, May 1964.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. *Experimental designs*. 2.ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.
- CRUZ, M.J.S.; COELHO, D.T.; KIBUUKA, G.K.; CHAVES, J.B.P. Caracterização química de farinha mista de arroz e soja pré-cozida por extrusão. *Revista Ceres*, Viçosa, v.30, n.171, p.357-365, set./out. 1983.
- DENCH, J.E.; RIVAS, R.N.; CAYGILL, J.C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.32, n.6, p.557-564, June 1981.
- FORSTER, L.L.; FERRIER, L.K. Viscometric characteristics of whole soybean milk. *Journal of Food Science*, Chicago, v.44, n.2, p.583-585, Mar./Apr. 1979.

- GANTWERKER, S.; LEONG, S. Process for preparing an instant baby cereal porridge product. **United States Patent**. US 4.485.120, Mar. 20, 1984. **Food Science and Technology Abstracts**, 1969-1996 CD. ROOM.
- GHAZI, A.; KHALIL, M.; ATTA, M.B. Utilization of rice starch manufacture by-product; part 1. preparation and evaluation of powder rich in protein and starch from rice starch manufacture by-product. **Die Nahrung**, Berlin, v.33, n.9, p.831-838, Sept. 1989.
- GOMES, J.C.; ARAÚJO, M.F.; MOREIRA, M.A.; COELHO, D.T. Caracterização funcional de isolados e de um concentrado protéico de soja produzidos no Brasil; solubilidade e capacidade de absorção de água. **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.193, p.239-249, maio/jun. 1987.
- GUERRA, M.J.; GONZÁLES, D.; JAFFÉ, W.G.; CALDERÓN, M. Formulacion de una bebida de alto valor nutritivo a base de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.31, n. 2, p. 337-349, jun. 1981.
- GWIAZDA, S.; RUTKOWSKI, A.; KOCON, J. Some functional properties of pea and soy bean protein preparations. **Die Nahrung**, Berlin, v.23, n.7, p.681-686, July 1979.
- HAMMOND, N.A. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.39, n.10, p.752-754, Oct. 1994.
- HAYAKAWA, S.; NAKAI, S. Relationships of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.2, p.486-491, Mar./Apr. 1985.
- HERMANSSON, A.M. Physico-chemical aspects of soy proteins structure formation. **Journal of Texture Studies**, Westport, v.9, n.1/2, p.33-58, Jan. 1978.
- HIDALGO, J. Functional properties of food proteins from a biophysical point of view: **Biochemical Aspects of New Protein Food**. Copenhagen, FEBS, 1977. v.44, p.89-98 (Symposium A3).
- 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**, Chicago, v.42, n.2, p.454-456, Mar./Apr. 1977a.

- HUTTON, C.W.; CAMPBELL, A.M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems and in a food system; emulsion properties, thickening function and fat absorption. *Journal of Food Science*, Chicago, v.42, n.2, p.457-460, Mar./Apr. 1977b.
- JAMES, C.; SLOAN, S. Functional properties of edible rice bran in model systems. *Journal of Food Science*, Chicago, v.49, n.1, p.310-311, Jan./Feb. 1984.
- JULIANO, B.O.; HICKS, P.A. Rice functional properties and rice food products. *Food Reviews International*, New York, v.12, n.1, p.71-103, Feb. 1996.
- KAHN, R.; STEHLI, D.; WEIL, L.S.; STEINBERG, M.P.; YAMASHITA, N. Activity and mobility of water in sweetened concentrated desludged soy beverages and their rheological properties. *Journal of Food Science*, Chicago, v.55, n.2, p.537-542, Mar./Apr. 1990.
- KAKADE, M.L.; SIMONS, N.R.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitrytic activity of soybean samples. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.46, n.5, p.518-526, Sept. 1969.
- KINSELLA, J.E.; MELACHOURIS, N. Functional properties of proteins in foods; a survey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Cleveland, v.7, n.3, p.219-280, Apr. 1976.
- KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. Minerais. In: *Alimentos, nutrição e dietoterapia*. 8.ed. São Paulo: Roca, 1994, p.129-163.
- KURASAWA, H.; KANAUCHI, Y.; WAKAYAMA, T.; HAYAKAWA, T.; IGAUE, I. Relation of rheological properties with starch components among glutinous, sticky, less-sticky non-glutinous rice starches. *Agricultural of Biological Chemistry*, Tokyo, v.37, n.12, p.2913-2916, Dec. 1973.
- LAWHON, J.T.; CATER, C.M.; MATIL, K.F. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oil seed flours. *Cereal Science Today*, St. Paul, v.17, n.4, p.240-294, Apr. 1972.
- LIN, M. J.Y.; HUMBERT, E.S.; SOSULSKI, F.W. Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of Food Science*, Chicago, v.39, n.2, p.368-370, Mar./Apr. 1974.

- MAN, Y.B.C.; WEI, L.S.; NELSON, A.I. Control of off-flavours of soybean extract by pH adjustment. **ASEAN Food Journal**, Ser dang, v.6, n.3, p.117-119, June 1991.
- MATSUDOMI, N.; SASAKI, T.; KATO, A.; KOBAYASHI, K. Conformational Changes and Functional Properties of Acid modified Soy Protein. **Agricultural of Biological Chemistry**, Tokyo, v.49, n.5, p.1251-1256, May 1985.
- MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J.; KITE F.E. Grafical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.34, n.3, p.141-153, May 1957.
- McWATTERS, K.H.; HOLMES, M.R. Influence of moist heat on solubility and emulsification properties of soy and peanut flours. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.3, p.774-776, May/June 1979.
- MOTTERN, H.H.; SPADARO, J.J.; GALLO, A.S. Cooking-extrusion-expansion of rice. **Food Technology**, Chicago, v.23, n.4, p.567-569, Apr. 1969.
- MURATA, K.; KUSAKABE, I.; KOBAYASHI, H.; KIUCHI, M.; MURAKAMI, K. Functional properties of three soymilk curds prepared with an enzyme, calcium salt and acid. **Agricultural of Biological Chemistry**, Tokyo, v.52, n.5, p.1135-1139, Oct. 1988.
- NATH, J.P.; RAO, M.S.N. Functional Properties of Guar Proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v.46, n.4, p.1255-1259, Jul./Aug. 1981.
- 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**, Chicago, v.47, n.1, p.240-245, Jan./Feb. 1981.
- OGUNTUNDE, A.O.; AKINTOYE, O.A. Measurement and comparison of density, specific heat and viscosity of cow's milk and soymilk. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.13, n.3, p.221-230, Mar. 1991.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 430p.

- RANI, M.R.S.; BHATTACHARYA, K.R. Rheological properties of rice flour slurries and pastes. **Journal of Food Science and Technology**, Misore, v.22, n.5, p.322-326, Sept./Oct. 1985.
- RDA - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowances**. 10.ed. Washington: National Academy Press, 1989. 284p.
- SATTERLEE, L.D.; BEMBERS, M.; KENDRICK, J.G. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris*) protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, n.1, p.81-84, Jan./Feb. 1975.
- SCHAFFNER, D.W.; BEUCHAT, L.R. Functional properties of freeze-dried powders of unfermented and fermented aqueous extracts of legume seeds. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, n.3, p.629-636, Apr./May 1986.
- SEGURA, E.; MAHECHA, G.; MORENO, B.E.; RODRÍGUES, G.S. Desarrollo de un producto alimenticio a base de arroz, para uso infantil. **Archivos latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.38, n.2, p.278-287, jun. 1988.
- SHEPHERD, A.D.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M.; ROKEY, G.; HUBER, G. Brokens spark interest in "rice soya" infant milk. **The Rice Journal**, McLean, v.84, n.5, p.16-21, May 1981.
- SIEGEL, A.; LINEBACK, D.R.; BHUMIRATANA, A. Development, acceptability, and proximate analyses of high-protein, rice based snacks for thai children. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, n.5, p.1184-1188, Sep./Oct. 1976.
- SILVA, M.T.P.; SGARBIERI, V.C.; MARINHO, C.S.; WANG, S.H. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de arroz e soja previamente tratadas por microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.13, n.1, p.45-57, jan./jun. 1993.
- SILVEIRA, E.T.F.; TRAVAGLINI, D.A.; VITTI, P.; CAMPOS, S.D.S.; AGUIRRE, J.M.; FIGUEIREDO, I.B.; SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.4, p.543-561, out./dez. 1981.
- SKRIVER, A.; ROEMER, H.; QVIST, K.B. Rheological characterization of stirred yoghurt; viscometry. **Journal of Texture Studies**. Westport, v.24, n.2, p.185-198, Mar./Apr. 1993.

- SOSULSKI, F. W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.39, n.4, p.344-350, July 1962.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Composition of foods**. Washington: Agricultural Research Service, 1963. (Agriculture Handbook n° 8).
- URBANSKI, G.E.; WEI, L.S.; NELSON, A.I; STEINBERG, M.P. Rheology and water imbibing of major fractions of soybean beverage. *Journal of Food Science*, Chicago, v.47, n.3, p.1021-1022, May/June 1982.
- VAN DE KAMER, J.H.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.29, n.4, p.239-251, July/Aug. 1952.
- VJAYAGOPAL, K.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY, S.N.; TRIVANDRUM; KERALA. Gelatinization and liquefaction of Cassava flour; effect of temperature, substrate and enzyme concentrations. *Starch/Starke*, New York, v.40, n.8, p.300-302, Aug. 1988.
- VISSER, A.; THOMAS, A. Review: Soya protein products - their processing, functionality, and application aspects. *Food Reviews International*, New York, v.3, n.1-2, p.1-32, Jan./Feb. 1987.
- VOLKERT, M.A.; KLEIN, B.P. Protein dispersibility and emulsion characteristics of four soy products. *Journal of Food Science*, Chicago, v.44, n.1, p.93-96, Jan./Feb. 1979.
- WAGNER, J.R.; AÑON, M.C. Influence of desnaturation, hidrophobicity and sulphhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. *Journal of Food Science*, Chicago, v.55, n.3, p.765-770, Mar./Apr. 1990.
- WANG, S.H.; CABALLERO-CORDOBA, G.M.; SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de trigo e soja desengordurada, pré-tratadas por microondas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.12, n.1, p.14-25, jan./jun. 1992.
- WANG, S.H.; CABRAL, L.C.; FERNANDES, S.M. Bebidas à base de extrato hidrossolúvel de arroz e soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.2, p.73-77, maio/ago. 1997.

- WILLIAMS, S.R. Minerais. In: Fundamentos de nutrição e dietoterapia. 6.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p.144-173.**
- WOLF, W.J. Soybean proteins; their functional, chemical and physical properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.18, n.6, p.969-976, June 1970.**
- YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. Agricultural and Biological Chemistry, Tokyo, v.36, n.5, p.719-727, May 1972.**

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância relativas à composição centesimal (% base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.	87
TABELA 2A	Resumo das análises de variância relativas à composição em minerais (mg/100 g, base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.	88
TABELA 3A	Resumo das análises de variância relativas às propriedades de viscosidade de pasta dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.	90
TABELA 4A	Resumo das análises de variância relativas à absorção de água (AA), índice de solubilidade na água (ISA), nitrogênio solúvel na água (NSA), índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), proteína dispersível na água (PDA), índice de dispersibilidade de proteína (IDP), absorção de gordura (AG), atividade emulsificante (AE) e estabilidade de emulsão (EE) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.	91
TABELA 5A	Resumo das análises de variância relativas à expansão de espuma (Exp. Esp.), volume de espuma (V. Esp.) e sinérese (S) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.	92

ANEXO A		Página
TABELA 6A	Resumo das análises de variância relativas à composição química (g/100 ml) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.	93
TABELA 7A	Resumo das análises de variância relativas ao índice de consistência (Kow) e índice de comportamento do fluxo (n) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.	94
TABELA 8A	Resumo da análise de variância relativa à viscosidade aparente ($T = 15^{\circ}\text{C}$; $\gamma = 100 \text{ s}^{-1}$) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.	95
TABELA 9A	Resumo das análises de variância relativas às análises sensoriais de aparência, consistência e sabor das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.	96
TABELA 10A	Resumo da análise de variância relativa à preferência das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.	97
TABELA 11A	Resumo da correlação entre as propriedades funcionais.	98

TABELA 1A. Resumo das análises de variância relativas à composição centesimal (% base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio				
		Proteína	Extrato etéreo	Cinzas	Fibra bruta	Carboidrato
Regressão linear	1	1.847,2841*	61,9074*	22,0385*	2,2651*	3.254,4423*
Regressão quadrática	1	1,0312*	0,0139*	0,0103*	0,0005	1,4690*
Regressão cúbica	1	4,4209*	0,1753*	0,0072*	0,0816*	8,3627*
Resíduo	12	0,2295	0,0235	0,0021	0,0043	0,2054

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2A. Resumo das análises de variância relativas à composição em minerais (mg/100 g, base seca) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio						
		Fósforo	Cálcio	Potássio	Sódio	Magnésio	Ferro	Cobre
Regressão linear	1	330.631,2194*	5.395,8998*	2.181.379,4913*	197,4144*	46.174,0955*	5,3984*	1,8237*
Regressão quadrática	1	9.516,8844*	1,9982*	42.634,2926*	6,9103*	1.901,1877*	0,0406*	0,0047*
Regressão cúbica	1	599,1992*	214,0237*	1.676,1554*	15,3723*	176,6679*	0,1645*	0,0397*
Resíduo	12	0,5987	0,1317	1,0318	0,1185	0,6110	0,0034	0,0003

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Continuação da TABELA 2A.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio						
		Cobalto	Zinco	Cromo	Selênio	Manganês	Molibdênio	Alumínio
Regressão linear	1	0,0041*	2,7727*	0,0083*	0,0499	0,00001	0,1239	15,7660*0
Regressão quadrática	1	0,00009*	0,0048*	0	0,0039	0	0,0028	,0006
Regressão cúbica	1	0,0002*	0,0002	0	0,0003	0	0,0082	0,1153*
Resíduo	12	0,0001	0,0009	0,0001	0,1383	0	0	0,0017

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3A. Resumo das análises de variância relativas às propriedades de viscosidade de pasta dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio			
		t° de viscosidade máxima	Viscosidade máxima	Viscosidade mínima a t° constante	Viscosidade final no ciclo do resfriamento
Regressão linear	1	541,6074*	3.568.526,7857*	28.993,1250*	31.329,6429*
Regressão quadrática	1	0,0895	104.432,1429*	36.612,7232*	38.258,0357*
Regressão cúbica	1	46,0834*	57.041,6667*	40.170,9375*	39.783,7500*
Resíduo	12	0,8576	112,5000	21,8750	45,8333

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância relativas à absorção de água (AA) índice de solubilidade na água (ISA), nitrogênio solúvel na água (NSA), índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), proteína dispersível na água (PDA), índice de dispersibilidade de proteína (IDP), absorção de gordura (AG), atividade emulsificante (AE) e estabilidade de emulsão (EE) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio									
		AA	ISA	NSA	ISN	PDA	IDP	AG	AE	EE	
Regressão linear	1	299,996,6790*	432,1790*	0,2333*	385,6737*	0,3909*	1.474,7780*	1.015,6082*	139,6666*	98,1404*	
Regressão quadrática	1	11.823,9220*	64,3673*	0,0619*	3,3052*	14,6210*	103,7960*	9,0327*	9,7586*	16,4782*	
Regressão cúbica	1	4.623,7823*	24,0076*	0,0057*	9,5627*	6,7246*	291,2660*	1,8061*	0,0910	0,4256	
Resíduo	12	5,2801	3,3298	0,0002	0,3035	0,0152	0,4110	0,7530	1,3176	3,2902	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5A. Resumo das análises de variância relativas à expansão de espuma (Exp. Esp.), volume de espuma (V. Esp.) e sinérese (S) dos extratos hidrossolúveis desidratados elaborados com arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio						
		Exp. Esp.	V. Esp. 30 min	V. Esp. 60 min	V. Esp. 120 min	S 30 min	S 60 min	S 120 min
Regressão linear	1	19.674,0194*	21.009,2010*	19.289,5251*	20.326,8821*	20.033,3867*	20.849,6700*	21.139,2300*
Regressão quadrática	1	2.087,0796*	361,0822*	315,3029*	11,7176*	531,2810*	17,1498*	6,0264
Regressão cúbica	1	660,2820*	853,7545*	1.112,6704*	1.754,2110*	1.159,5476*	2.108,6291*	2.247,8760
Resíduo	12	17,1399	5,0049	2,5206	0,5339	0,7216	2,6524	1,0131

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6A. Resumo das análises de variância relativas à composição química (g/100 ml) das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio					
		Sólidos totais	Proteína	Extrato etéreo	Cinzas	Fibra bruta	Carboidratos
Fórmula	5	0,0023*	1,6234*	0,0485*	0,01544*	0,0023*	2,6507*
Resíduo	12	0,0002	0,0041	0	0	0	0,0009

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 9A. Resumo das análises de variância relativas às análises sensoriais de aparência, consistência e sabor das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio		
		Aparência	Consistência	Sabor
Bloco (ajustado)	9	0,01341*	0,01041*	0,0080
Fórmula (não ajustada)	4	0,5493*	1,1863*	0,1922*
Resíduo	16	0,0148	0,0076	0,0119

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10A. Resumo da análise de variância relativa à preferência das bebidas reconstituídas à base de extrato hidrossolúvel desidratado de arroz e soja em diferentes proporções.

Causa de variação	G.L.	Quadrado médio
		Preferência
Bloco	129	0,3426*
Fórmula	3	33,4590*
Resíduo	387	0,3530

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 11A. Resumo da correlação entre as propriedades funcionais.

Variáveis	Coefficiente de correlação (r)
NSA X ISN	- 0,7867
PDA X IDP	- 0,3174
NSA X PDA	- 0,5616
ISN X IDP	- 0,9345
NSA X ISA	- 0,9427
ISN X AA	- 0,9714
IDA X AA	- 0,9160
NSA X AA	- 0,7473
PDA X AA	- 0,0641
ISA X AA	- 0,7656
AG X ISN	- 0,9783
AG X IDP	- 0,9079
AG X AA	- 0,9725
AE X NSA	- 0,7063
EE X NSA	- 0,5698
AE X EE	- 0,9293
AE X ISN	- 0,9095
EE X ISN	- 0,7847
AE X IDP	- 0,8339
EE X IDP	- 0,7268
AE X PDA	- 0,0377
EE X PDA	- 0,0848
AE X AG	- 0,9379-

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Continuação da TABELA 11A.

Variáveis	Coefficiente de correlação (r)
EE X AG	0,8254
Exp.Esp. X ISN	0,8840
Exp.Esp. X IDP	0,8267
Exp.Esp. X NSA	- 0,6858
Exp.Esp. X PDA	0,0475
Exp.Esp. X Vol. esp. após 30 min	0,8836
Exp.Esp. X Vol. esp. após 60 min	0,8657
Exp.Esp. X Vol. esp. após 120 min	0,8216
Exp.Esp. X Sinérese após 30 min	- 0,9985
Exp.Esp. X Sinérese após 60 min	- 0,9788
Exp.Esp. X Sinérese após 120 min	- 0,9784

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.