

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE FEIJÃO

José Carlos Gomes¹
Cassiano Oliveira da Silva¹
Neuza Maria Brunoro Costa²
Mônica Ribeiro Pirozi¹

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em grão é uma das principais fontes de proteína para a população de baixa renda. É geralmente adquirido na forma de grãos secos e crus, demandando um longo período de tempo para o preparo, tornando-o pouco competitivo em relação aos produtos semi-prontos ou prontos para o consumo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma farinha de feijão Cariquinha, pré-cozida e desidratada por atomização e avaliar o efeito do processamento e da desidratação sobre as características físico-químicas, funcionais, sensoriais e nutricionais. Foram desenvolvidas e analisadas quatro tipos de farinhas de feijão desidratadas em *spray dryer*, sendo avaliado o efeito de dois fatores: o tipo de cozimento, em tacho aberto ou em autoclave; e a adição ou não de carbonato de sódio até pH 7,0 antes da desidratação. Também foi avaliada uma farinha comercial de feijão Cariquinha extrusado. A farinha crua com os grãos moídos da variedade utilizada nos tratamentos foi tomada como referência. As farinhas apresentaram teor de umidade abaixo de 8% e teor de lipídios inferior a 1%. O teor de proteína variou de 22,49 a 23,02% nas farinhas atomizadas e foi de 26,38% na farinha extrusada. O teor de carboidratos incluindo fibras foi superior ($p < 0,05$) nas farinhas atomizadas, variando de 73,09 a 73,40%. Os tratamentos com adição de carbonato de sódio apresentaram maior pH, menor acidez, maior teor de sódio ($p < 0,05$) que os demais tratamentos. A farinha de feijão extrusada apresentou maior teor dos minerais: potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco, com valores de 1,15 g/100 g; 123,2 mg/100 g; 0,236 g/100 g; 21,68 mg/100 g e 2,27 mg/100 g, respectivamente. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os índices de absorção de água e de óleo das farinhas. Sua densidade variou de 0,661 na farinha cozida em autoclave e com adição de carbonato de sódio a 0,813 g/mL na farinha extrusada. Os tratamentos com ajuste de pH apresentaram melhor atividade emulsificante e maior capacidade de formação de espuma dentre os tratamentos analisados. O perfil de solubilidade indicou que o pH na faixa de 3,0 a 5,0 é o de menor solubilidade das proteínas. A adição de cloreto de sódio diminuiu a solubilidade das farinhas processadas. As farinhas de feijão atomizadas apresentaram média de notas superiores ($p > 0,05$) dos atributos sensoriais: sabor característico, aparência global e cor, em comparação com a farinha extrusada.

Palavras-chave: feijão, farinhas pré-cozidas, proteína, valor nutricional, processamento, *spray-drying*.

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF COMMON BEAN FLOUR

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important source of protein for low income population. It is usually purchased as dry and raw beans, and its preparation is time consuming, which makes it less competitive than semi-ready or ready products. The objective of this work was to develop Cariquinha bean flour, pre-cooked and dehydrated by spray dryer and to evaluate the effects of the processing and dehydration on the physico-chemical, functional, sensorial and nutritional properties. Four bean flours dehydrated in spray dryer were developed and analyzed, being evaluated the effect of two factors: the cooking method, in open tank or autoclaving; with or without sodium

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. E-mail: jcgomes@ufv.br

²Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

carbonate with pH 7.0 adjusted before the dehydration. Commercial extruded Cariquinha bean flour was also evaluated. The raw flour with the milled grains of the variety used in the treatments was taken as reference. In the flours, the moisture content was below 8%, and lipids lower than 1%. The protein content varied from 22.49 to 23.02% in the flour atomized and was 26.38% in extruded bean. The carbohydrates + fiber content were superior ($p < 0.05$) in atomized flours, varied from 73.09 to 73.40%. The treatments with sodium carbonate addition presented greater pH, smaller acidity and greater sodium content ($p < 0.05$) than the other treatments. The extruded bean flour presented greater content of the minerals: potassium, calcium, magnesium, iron and zinc, with values of 1.15 g/100 g; 123.2 mg/100 g; 0.236 g/100 g; 21.68 mg/100 g and 2.27 mg/100 g, respectively. There was no significant differences ($p > 0.05$) between the water and oil absorption index in the flours. The density of the flours varied from 0.661 in the autoclaved flour with sodium carbonate to 0.813 g/mL in the extruded bean. The treatments with pH adjustment presented better emulsification activity and better foam formation capacity among the analyzed treatments. The solubility profile indicated that pH in the range from 3.0 to 5.0 is least solubility for the proteins in these flours.

Key words: common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), pré-cooked beans and spray drying.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em grão é uma das principais fontes de proteína e um dos alimentos mais importantes para a população brasileira. O feijão geralmente é adquirido na forma de grãos secos e crus, demandando um longo período de tempo para seu preparo, aproximadamente de uma hora, ou mais, o que o torna pouco competitivo em relação aos produtos semiprontos ou prontos para o consumo (Carneiro, 2001).

As alterações nos hábitos alimentares, no estilo de vida e a valorização econômica do trabalho da mulher, são fatores que levam o consumidor a pagar um pouco mais por um produto que apresente melhor qualidade, praticidade e/ou rapidez no preparo (Carneiro, 2001).

Desta forma, o feijão *in natura* vem se tornando menos competitivo que os produtos prontos para o consumo (Carneiro, 2001). Com o lançamento de diversas sopas desidratadas, massas, legumes e verduras desidratadas, o consumo de farinha de feijão aumentou expressivamente (Oliveira, 1996).

No Brasil, utilizam-se basicamente dois processos de produção de farinha de feijão: o primeiro por extrusão termoplástica dos grãos já moídos, condicionados a 30% de umidade e posterior desidratação por ar quente e moagem. Este processo apesar de altamente eficiente não rende um produto adequado ao nosso gosto. Como o tempo de residência no extrusor é muito pequeno, o tegumento (casca) não é adequadamente cozido. Durante a fase de secagem do extrusado, o tegumento desidrata

demasiadamente, não reidratando adequadamente no preparo. Após o preparo de uma sopa, por exemplo, o tegumento forma um precipitado que prejudica a estética do produto. O segundo processo consiste em cozinhar os grãos em cestas perfuradas, em sistema aberto, sem pressão, com tempo de cocção médio de 45 minutos. Após esta etapa, os grãos são espalhados na bandeja de um secador e em seguida são moídos, formando a farinha. Esta apresenta melhores propriedades funcionais que o primeiro; no entanto é de custo mais elevado.

O lançamento de produtos industrializados do feijão no Brasil inicialmente chocou-se com os critérios de qualidade, conforme percebidos pelos consumidores. Primeiro, os produtos à base de grãos; as feijoadas encontraram resistência por utilizar grãos velhos, cujo tegumento estava endurecido, não alcançando o cozimento adequado. Em um segundo momento, na década de 1970 e início dos anos 80 foram as farinhas pré-cozidas que tiveram as mesmas dificuldades, pois utilizavam matérias-primas de baixa qualidade. De um modo geral, a indústria abordou a elaboração destes produtos como o aproveitamento de grãos que não mais serviam para o uso culinário. A terceira fase, que ocorre no momento, é a dos produtos congelados, com limitações de preço ao consumidor e dos grãos cozidos e esterilizados em embalagens flexíveis, mas cuja aparência não é atrativa.

A secagem por atomização é um processo

contínuo em que um líquido ou pasta é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente curto. O processo consiste basicamente na atomização do líquido num compartimento que recebe fluxo de ar quente. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto. É utilizado não só na indústria alimentícia (leite em pó, extratos de carne e leveduras, ovos, café solúvel dentre outros), mas também na indústria farmacêutica, cerâmica, de detergentes e outros (Pregnoatto & Pregnoatto, 1985).

O cozimento por extrusão é um tratamento térmico a alta temperatura durante um curto período de tempo que reduz a contaminação microbiana e inativa enzimas. Os alimentos extrusados se conservam principalmente pela baixa atividade de água (Pregnoatto & Pregnoatto, 1985).

O presente trabalho propõe uma alternativa para o processamento de feijão, através da elaboração de farinhas de feijão pré-cozidas que utilizam a atomização como processo de secagem, avaliando-se o efeito do tipo de processamento (cozimento em tacho aberto ou autoclave) e do pH do caldo de feijão; além de comparar com farinha de feijão comercial processada por extrusão. Apresenta análises físico-químicas, sensoriais e funcionais das farinhas.

MATERIAL E MÉTODOS

As farinhas foram elaboradas com variedade de feijão comercial Cariquinha, tipo I, adquirido no comércio de Viçosa, Minas Gerais.

A elaboração das farinhas de feijão ocorreu no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Produtos e na Fábrica de Conservas do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa. A farinha de feijão Cariquinha extrusado foi fornecida pela indústria Pink Alimentos, localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Obteve-se uma farinha de feijão cru pela desintegração dos grãos de feijão em moinho de impacto. Esta foi utilizada como índice de referência inicial de matéria-prima. Os demais tratamentos estão descritos na Tabela 1.

A temperatura de atomização no bico injetor do aparelho variou entre 225 e 260 °C e a temperatura de saída do produto ficou entre 105 e 130 °C, com uma vazão média de 10 L de caldo/hora. Após a secagem em *spray dryer*, as farinhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 65 °C, até atingir um teor de umidade inferior a 8 %. O tacho com camisa de vapor utilizado foi da marca Groen modelo TODA 20; o liquidificador industrial da Incal, modelo IAA 67B; o homogeneizador, da marca Gaulin; e o *spray dryer*, da

Tabela 1. Identificação dos processos de obtenção de farinha de feijão

Tratamento	Descrição
1	Farinha de feijão cozido em tacho aberto, após hidratação e maceração, e seco em <i>spray dryer</i>
2	Feijão cozido em autoclave, após hidratação e maceração, e seco em <i>spray dryer</i>
3	Feijão cozido em tacho aberto, após hidratação e maceração, adição de carbonato de sódio até pH 7,0 no caldo homogeneizado, e seco em <i>spray dryer</i>
4	Feijão cozido em autoclave, após hidratação e maceração, adição de carbonato de sódio até pH 7,0 no caldo homogeneizado, e seco em <i>spray dryer</i>
5	Feijão processado por extrusão (comercial)

marca Niro Atomizer modelo Minor Production.

Foram feitas análises de umidade, atividade de água, acidez titulável, pH, proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos + fibras alimentares, determinação de elementos minerais (cálcio, ferro, sódio, potássio, magnésio, zinco), além da determinação do índice de absorção de água e de óleo, propriedades emulsificantes, propriedades espumantes e perfil de solubilidade. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa. A umidade das amostras foi determinada por secagem em estufa a 105 °C, até peso constante, de acordo com metodologia descrita no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (17). A atividade de água foi determinada por método direto, utilizando-se higrômetro Decagon, da marca AquaLab, modelo CX-2T, calibrado a 20 °C, seguindo instruções do manual do equipamento. As medidas de pH foram realizadas utilizando potenciômetro digital Hexis Ultra Basic mod. UB-10, de acordo com metodologia descrita no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (Pregnoatto & Pregnoatto, 1985), bem como a determinação dos teores de cinzas e lipídios. O procedimento usual para determinação de acidez total, segundo Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (Pregnoatto & Pregnoatto, 1985), consiste na titulação de uma alíquota da amostra por uma base forte. O final da titulação foi determinado utilizando potenciômetro, até o valor de pH 8,3, pois o uso de indicadores é inconveniente devido à presença de pigmentos nos feijões, que mudam de cor pela alteração do pH. A determinação de proteínas foi efetuada segundo o método de semimicro Kjeldahl, para a quantificação de nitrogênio total, descrito pela AOAC (1998). No cálculo da conversão do nitrogênio em proteínas foi utilizado o fator 6,25. A determinação de minerais foi realizada, de acordo com metodologia descrita pela AOAC (1998). Após digestão das amostras em mistura nitro-perclórica (3:1), estas foram quantificadas por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando aparelho da marca GBC Scientific Equipment Pty Ltd. O teor de carboidratos foi calculado pela diferença da soma dos teores dos componentes: umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibras da totalidade do conjunto. Este procedimento está

previsto pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 360, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 23 de dezembro de 2001 (Brasil, 2003). Os índices de absorção de água (IAA) e óleo (IAO) foram determinados, segundo o método descrito por Okezie & Bello (1988). A estabilidade de emulsão foi calculada como o percentual do volume da camada emulsificada após 24 horas em relação ao volume inicial da camada, conforme definição de Betschart *et al.* (1979). A capacidade de formação de espuma foi determinada de acordo com o procedimento apresentado por Coffmann & Garcia (1977). O efeito do pH sobre a solubilidade das farinhas foi determinado pelo método descrito por Tobelmann (1979). O efeito da força iônica sobre a solubilidade das farinhas foi avaliado conforme a metodologia descrita por Tobelmann (1979), utilizando suspensões com concentrações de 0,0; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 e 1 mol/L de cloreto de sódio. A densidade foi determinada de acordo com a metodologia de Okezie & Bello (1988), utilizando cilindro graduado de 10 mL.

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Para o preparo de aproximadamente 100 mL de caldo de feijão foram utilizados: 13,5 g de farinha de feijão, 81,5 mL de água, 1,4 g de tempero comercial de alho e sal da marca Arisco, 3,1 mL de óleo de soja e 0,5 g de glutamato monossódio.

As amostras foram submetidas a teste de aceitação, utilizando escala hedônica estruturada de sete pontos, variando de “gostei extremamente” (7) a “desgostei extremamente” (1), para os atributos: sabor característico, aparência global e cor. A análise foi realizada em condições laboratoriais, onde as cinco amostras contendo entre 35 e 45 mL de caldo foram servidas, na mesma seção, para cada consumidor, sendo apresentadas inicialmente três amostras, e em seguida as duas amostras restantes, sendo todas codificadas com números de três dígitos aleatórios. O painel sensorial foi constituído de 62 provadores, não-treinados, recrutados entre alunos e funcionários da Universidade Federal de Viçosa, de ambos os sexos, com idade entre 14 e 42 anos. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado.

Para as análises físico-químicas e funcionais,

considerou-se o delineamento inteiramente casualizado, com os cinco tipos de farinhas processadas e a farinha de feijão cru analisados em triplicata. Os resultados foram submetidos à análise estatística utilizando o programa SAEG-UFV 8.0. Procedeu-se a ANOVA para a determinação do valor de “F”. Para “F” significativo, utilizou-se o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação entre médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma intensificação da cor nos tratamentos que tiveram a adição de carbonato de sódio no caldo homogêneo antes de seguir para o atomizador. Sugere-se que com o aumento do pH, houve um deslocamento do equilíbrio da estrutura da antocianidina para a forma anidrobasa, que é formada na faixa de pH de 6,5 a 8,0. Esta anidrobasa de coloração violeta, provavelmente foi responsável pela intensificação de cor dos tratamentos com adição de carbonato de sódio.

A Tabela 2 apresenta a composição centesimal das farinhas de feijão. Os teores de proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos foram apresentados em base seca, para uma melhor comparação.

O teor de proteínas das farinhas atomizadas ficou entre 22,40 e 23,18%, indicando que não houve perda de nitrogênio no processamento. Donadel & Prudêncio-Ferreira (1999) citam teores de proteína bruta de 22,73% na farinha de feijão novo. A farinha de feijão extrusado apresentou teores de proteínas superiores ($p < 0,05$) às

demais. O alto teor protéico é um bom índice de adequação do uso da farinha de feijão em alimentos formulados.

O teor médio de lipídios foi 0,71%, sendo inferior aos citados por Donadel E Prudêncio-Ferreira (1999), que relatam teores de lipídios em farinha de feijão Cariquinha novo de 1,12% e teores de 1,32; 1,51 e 1,29%.

O teor do conjunto formado por carboidratos e fibras alimentares variou de 72,75 a 73,40% nas farinhas de feijões atomizadas. Este teor foi superior ($p < 0,05$) ao de feijões extrusados. Estes resultados foram próximos aos obtidos por Gomes & Silva (2003), para feijão Cariquinha, cujos teores de carboidratos mais fibras alimentares encontrados variaram de 67,9 a 71,6%. Ainda neste estudo, ou autores encontraram teores de fibra alimentar total variando entre 18,32% em farinha de feijão atomizada processada sem maceração e sem ajuste de pH, até 21,04% em farinha de feijão atomizada, utilizando feijão macerado e com ajuste do pH do caldo para 7,0. Tendo isto em vista, pode-se sugerir um teor de fibra alimentar em torno de 20% para as farinhas e o teor de carboidratos variando de 45 a 55%.

As farinhas de feijão atomizadas apresentaram valores de A_w entre 0,23 e 0,28, não permitindo crescimento microbiano. O pH das farinhas adicionadas de carbonato de sódio foi superior ($p < 0,05$) e apresentou menor acidez que o dos demais tratamentos. Os valores de pH de farinhas em suspensões aquosas são importantes, já que algumas propriedades funcionais, como solubilidade e atividade emulsificante são altamente afetadas por alterações de pH (9). Os resultados de pH, acidez e A_w são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. Composição centesimal das farinhas de feijão processadas

Tratamento	Umidade	Proteínas*	Lipídios*	Cinzas*	Carboid.+ Fibras*
Far. Feijão cru	17,60 a	23,18 b	0,82 a	3,23 b c	72,75 a
Tratamento 1	6,15 b	23,02 b	0,77 a	3,11 c	73,09 a
Tratamento 2	6,19 b	22,81 b	0,68 ab	3,09 c	73,40 a
Tratamento 3	6,51 b	22,40 b	0,85 a	3,53 b c	73,20 a
Tratamento 4	6,30 b	22,49 b	0,64ab	3,69 b	73,17 a
Tratamento 5	7,26 b	26,38 a	0,52b	4,28 a	68,81 b

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

* base seca

Tabela 3. Resultados de atividade de água (Aw), pH e acidez das farinhas de feijão

Tratamentos	Aw	pH	Acidez (mL de sol.N%)
Far. feijão cru	0,79 a	6,37 b	9,09 b
Tratamento 1	0,24 c	6,45 b	9,64 b
Tratamento 2	0,23 c	6,42 b	9,95 b
Tratamento 3	0,28 c	7,35 a	3,31 c
Tratamento 4	0,27 c	7,32 a	3,55 c
Tratamento 5	0,49 b	6,28 b	13,63 a

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A composição em minerais das farinhas é apresentada na Tabela 4. Não houve grandes variações em relação à literatura (Gomes & Silva, 2003; Oliveira, 1996; Lopez & Willians, 1998).

A capacidade de absorção de água é um indicador usual de como farinhas podem ser incorporadas em formulações alimentícias. A capacidade de absorção de óleo pode determinar se o material irá funcionar bem como um extensor em produtos cárneos (Okezie & Bello, 1988). O IAA das farinhas processadas foi superior ($p < 0,05$) ao da farinha de feijão cru, utilizada como referência. O IAA ficou entre 2,84 e 3,21 g de água absorvida/g de farinha, sendo superior ao da farinha de feijão *winged* analisada por Okezie & Bello (1998), que apresentou 2,75 g de água/g de farinha. O IAO não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) e foi inferior ao obtido para farinha de feijão *winged* (2,39 g de óleo/g de farinha). Neste mesmo estudo, os autores avaliaram o isolado protéico de soja e encontraram IAA e IAO, de

4,10 e 4,88 g/g, respectivamente. A farinha extrusada apresentou a maior densidade ($p < 0,05$) dentre as farinhas avaliadas, indicando que o processo de extrusão não levou há uma grande expansão dos grânulos de amido. Os valores de IAA, IAO e densidade são apresentados na Tabela 5.

Na Tabela 6 e a Figura 1 apresentam a atividade emulsificante e a estabilidade de emulsão das farinhas de feijão após 24 horas em repouso, respectivamente. O produto do tratamento 3 apresentou ainda melhor atividade emulsificante ($p < 0,05$) dentre as farinhas desidratadas. Cheftel *et al.* (1985) sugeriram a existência de uma correlação positiva entre as propriedades de emulsificação e solubilidade das proteínas.

Apesar de apresentar uma atividade emulsificante inferior a 40%, as farinhas de feijão processadas mostraram elevada estabilidade de emulsão, que variou de 76,8% no Tratamento 4, até 92,3% no Tratamento 3. Entretanto, a variação entre os tratamentos não foi

Tabela 4. Composição em minerais das farinhas de feijão em base seca

Tratamento	Sódio (mg/100g)	Potássio (g/100 g)	Cálcio (mg/100g)	Magnésio (g/100 g)	Ferro (mg/100g)	Zinco (mg/100g)
Far. Feijão cru	3,47 b	1,09 ab	73,7 b	0,191 b	8,99 b	2,23 ab
Trat. 1	10,28 b	0,85 bc	65,0 b	0,158 bc	7,29 b	2,74 a
Trat. 2	6,31 b	0,84 bc	79,1 b	0,154 c	8,87 b	2,71 a
Trat. 3	360,2 a	0,79 c	57,9 b	0,166 bc	8,22 b	2,07 b
Trat. 4	344,8 a	0,96 abc	75,6 b	0,193 b	9,01 b	2,14 b
Trat. 5	4,23 b	1,15 a	123,2 a	0,236 a	21,7 a	2,27 ab

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5. Resultados das determinações do índice de absorção de água (IAA), índice de absorção de óleo (IAO) e densidade das farinhas de feijão.

Tratamento	AE (mL/100 mL) t = 0 h	AE (mL/100 mL) t =24 h
Far. Feijão cru	45,97 a	41,35 a
Tratamento 1	18,26 cd	16,52 bc
Tratamento 2	10,41 d	9,31 c
Tratamento 3	39,57 ab	36,60 a
Tratamento 4	28,65 bc	21,88 b
Tratamento 5	24,75 c	18,84 bc

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

significativa ($p>0,05$). Sathé *et al.* (1984) sugeriram que a alta estabilidade de emulsão encontrada em feijões *winged* é devida a estrutura globular nativa da maioria de suas proteínas.

As farinhas de feijão apresentaram baixo índice de capacidade de formação de espuma (Figura 2), não apresentando o Tratamento 4 diferença significativa ($p>0,05$) em relação à farinha de feijão cru, a qual

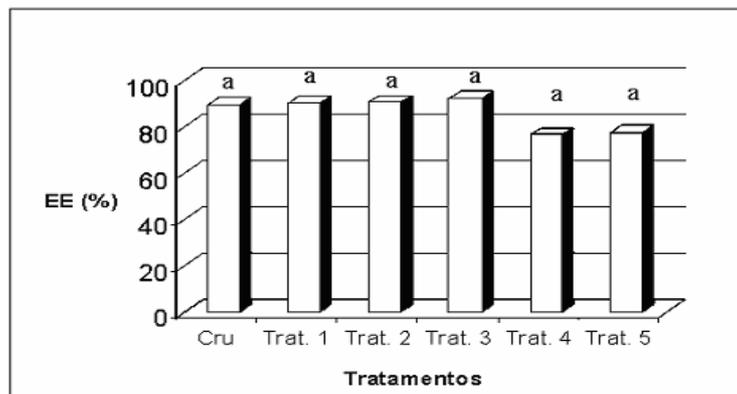
apresentou a maior CFE dentre as farinhas avaliadas.

Os perfis de solubilidade (Figura 3) e de força iônica, adição de sais (Figura 4) das farinhas em função do pH são semelhantes àqueles encontrados por outros pesquisadores, cujos valores mais baixos de solubilidade estão em torno de pH 3 a 5 (Sosulski & Mccurdy, 1987; Okezie & Bello, 1988; Donadel & Prudencio-Ferreira, 1999).

Tabela 6. Atividade emulsificante (AE) das farinhas de feijão em 0 h e 24 h a temperatura ambiente

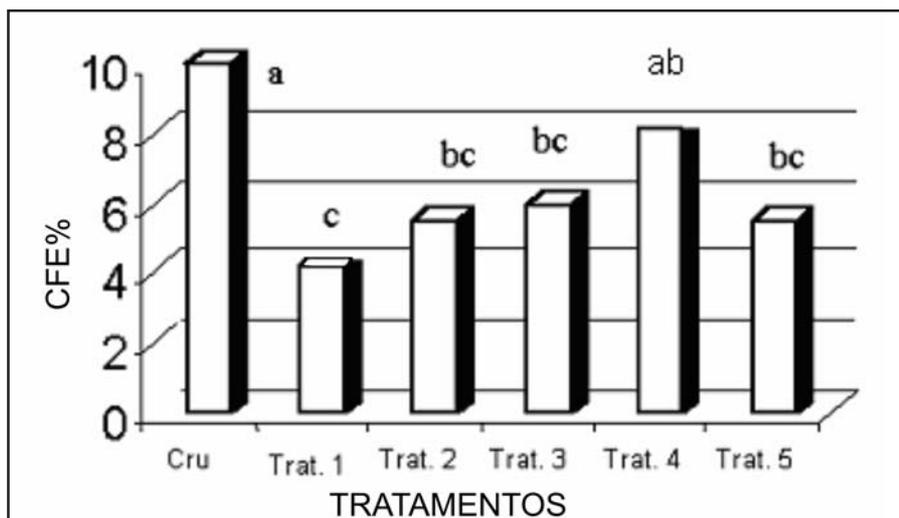
Tratamento	AE (mL/100 mL) t = 0 h	AE (mL/100 mL) t =24 h
Far. Feijão cru	45,97 a	41,35 a
Tratamento 1	18,26 cd	16,52 bc
Tratamento 2	10,41 d	9,31 c
Tratamento 3	39,57 ab	36,60 a
Tratamento 4	28,65 bc	21,88 b
Tratamento 5	24,75 c	18,84 bc

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).



As colunas do histograma com mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Figura 1. Estabilidade de emulsão após 24 horas à temperatura ambiente.



As colunas do histograma com mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%)

Figura 2. Capacidade de formação de espuma (CFE) das farinhas de feijão.

Na Tabela 7 apresenta as médias de notas obtidas dos 62 provadores para os atributos sabor característico, aparência global e cor. Analisando-se os atributos avaliados observa-se a maior média de notas ($p < 0,05$) obtidas pelos tratamentos em que foi utilizado o *spray dryer* em relação ao tratamento que utilizou extrusão.

Os resultados dos atributos sensoriais das farinhas de feijão atomizadas, situaram-se na escala hedônica entre os termos de aceitação “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. O percentual em relação ao máximo valor da escala variou de 75,4 a 83,2%; 72,2 a 80,7%; e 72,1 a 81,8% para os atributos sabor característico, aparência global e cor, respectivamente, nas farinhas de feijão atomizadas. No caso da farinha extrusada, estes valores foram: 56,4; 46,2 e 46,0%, respectivamente.

Oliveira (1996) realizou Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), utilizando sete provadores treinados para os atributos cor, gosto de feijão cru, gosto amargo e qualidade global em nove tipos de farinhas de feijão. As médias de notas obtidas e convertidas em percentuais para estes atributos variaram de 20,4 a 66,1%; 39,2 a 76,2%; 57 a 78,6%; e 43,5 a 72,0%, respectivamente.

Pode-se observar que a adição de carbonato de sódio não influenciou a aceitação do atributo cor e tampouco causou alteração no sabor e na aparência do produto formulado, sob ponto de vista do consumidor. Portanto, a coloração não afetou a aceitação dos panelistas, o que está de acordo com o encontrado por Oliveira (1996), mas não era de se esperar, segundo Gomes (1999), que relata que o ajuste de pH para 7,0

Quadro 7 – Média de notas obtidas no painel sensorial para os atributos sensoriais: sabor característico, aparência global e cor

Tratamento	Sabor característico	Aparência global	Cor
Tratamento 1	5,32 a	5,06 a	5,05 a
Tratamento 2	5,83 a	5,65 a	5,73 a
Tratamento 3	5,28 a	5,23 a	5,46 a
Tratamento 4	5,32 a	5,36 a	5,47 a
Tratamento 5	3,95 b	3,24 b	3,22 b

As médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

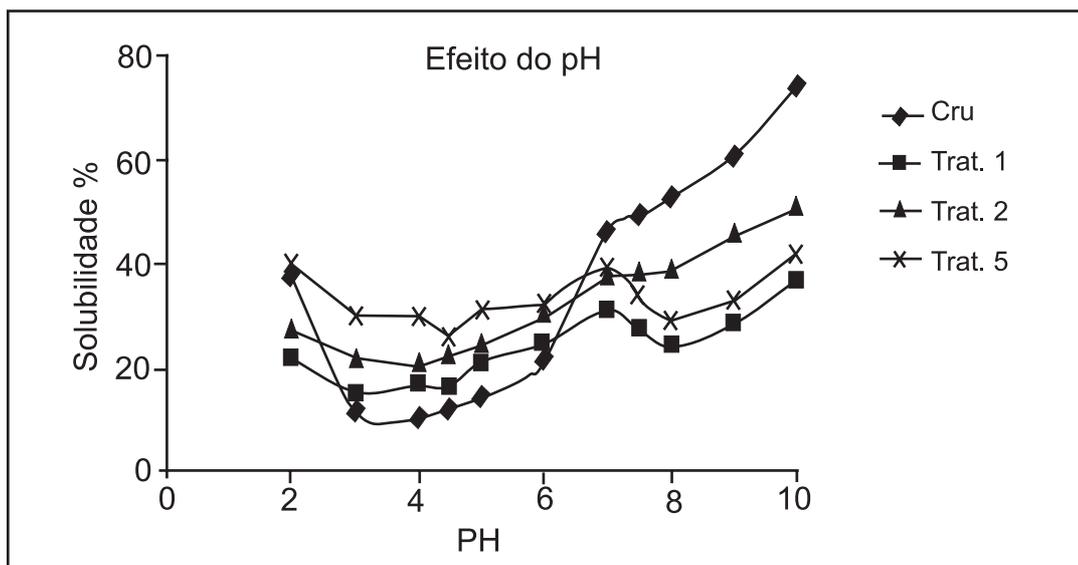


Figura 3. Efeito do pH sobre o perfil de solubilidade das farinhas de feijão.

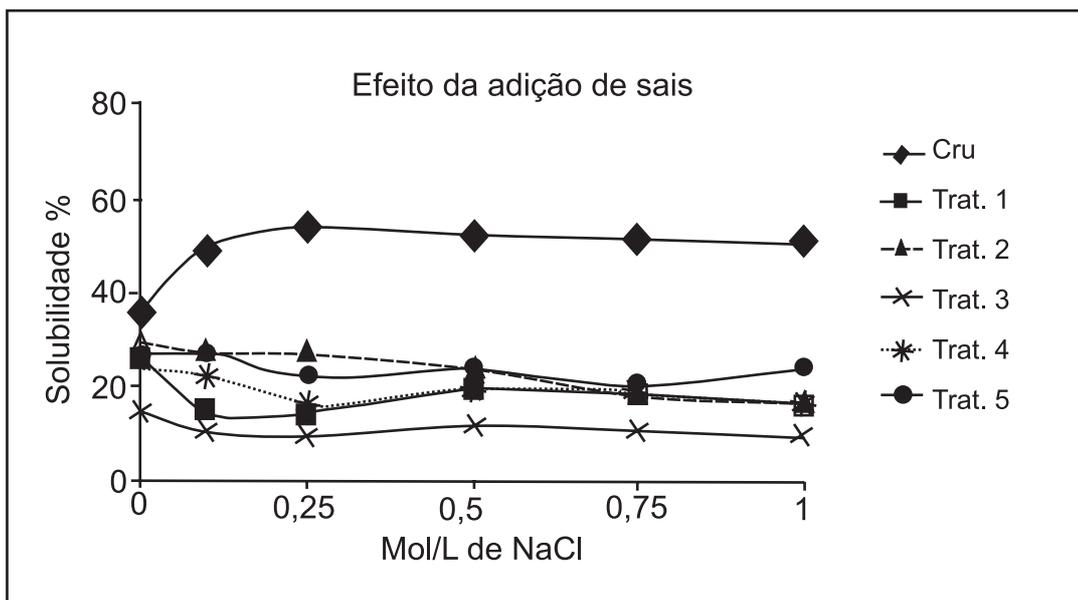


Figura 4. Efeito da adição de sais sobre a solubilidade das farinhas de feijão.

provocará uma intensificação da cor do produto, pela alteração da conformação da antocianina, e esta cor mais escura é preferida pelo consumidor brasileiro.

CONCLUSÕES

Nas análises físico-químicas, as farinhas apresentaram baixa atividade de água, baixo teor de

umidade e lipídios, alto conteúdo protéico e um elevado teor de carboidratos mais fibras. Isto sugere uma boa adequação do produto a alimentos formulados, com eficiente aporte de nutrientes e excelentes características de conservação.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os índices de absorção de água (IAA) e índice de absorção de óleo (IAO) das farinhas processadas. A farinha

extrusada apresentou maior densidade que as atomizadas. Os tratamentos com ajuste de pH mostraram melhores capacidades emulsificantes e maior capacidade de formação de espuma. Apesar de apresentarem capacidade emulsificante inferior a 40%, as farinhas mostraram em todos os tratamentos alta estabilidade de emulsão.

A análise sensorial não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias de notas das farinhas de feijão atomizado para os atributos sabor característico, aparência global e cor. Entretanto, a farinha de feijão extrusado apresentou média de escores dos atributos muito baixas, não atendendo às expectativas do consumidor.

Dentre os tratamentos com farinha de feijão atomizada, sugere-se que o melhor processamento para aplicação industrial seja a farinha desidratada em *spray dryer*, adicionada de carbonato de sódio e cozida em autoclave. O aumento de pH favoreceu as propriedades emulsificantes e de espumabilidade, que são importantes para as aplicações da farinha como ingrediente em formulações. O cozimento em autoclave é preferível em relação ao tacho aberto, pois representa uma economia de tempo de processamento.

REFERÊNCIAS

- Association of official analytical chemists (1998) Official Methods of Analysis of the AOAC. 16th ed. Washington, DC.
- Betschart AA, fong RY & Hanamoto MM (1979) Safflower protein isolates: functional properties in simple systems and bread. *Journal of Food Science* 44:1022-1026.
- Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Norma de identidade, qualidade, apresentação e embalagem de feijão. Portaria 161 de 24 de julho de 1987. **Lex:** Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 28 de julho de 1987, Brasília. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 11 out. 2004.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico para Rotulagem Nutricional Obrigatória de Alimentos e Bebidas Embalados. Resolução RDC 360 de 23 de dezembro de 2003. **Lex:** Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 23 de dezembro de 2003, Brasília. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 30 dez. 2004.
- Carneiro JCS (2001) Processamento industrial de feijão, avaliação sensorial descritiva e mapa de preferência. Tese de Mestrado. Viçosa, Univ. Fed. de Viçosa. 90p.
- Cheftel JC, Cuq JL & Lorient D (1985) Aminoacids, peptides and proteins. In: Fennema O R (Ed.) *Food Chemistry* 2nd ed. New York. Marcel Dekker. 991p.
- Coffmann CN & Garcia VV (1977) Functional properties and amino acid content of a protein isolated from mung bean flour. *Journal of Food Technology*. 12:473.
- Donadel ME & Prudencio-Ferreira SH (1999) Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 19:3
- Dzudie T & Hardy J (1996) Physicochemical and functional properties of flours prepared from common beans and green mung beans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 44:3029-3032.
- Gomes JC & Silva CO (2003) Elaboração e análises físico-químicas de farinhas de feijão. *Revista Ceres*. 50:687-697.
- Krokida MK, Tsami E & Maroulis Z B (1998) Kinetics in color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*. 16:3-5.
- Longo DS, Schuch DM, Rossoni EMM, Hoff JF, Hatano K, Ichikawa T, Figueiredo, V L (1992) Métodos de análise microbiológica para alimentos, 2nd ed. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. 136p.
- Lopez A & Williams, HL (1988) Essential elements in dry and canned *kidney* beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Protection*. 51:39-42.
- Okezie B & Bello AB (1988) Physico-chemical and functional properties of winged beans flour and isolated compared with soy isolated. *Journal Food Science* 53:450.

- Oliveira FEM (1996) Feijão:curvas de absorção de água e elaboração de farinhas. Viçosa, Tese de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 63p.
- Pregnotatto W & Pregnotatto NP (1985) Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz. São Paulo, Instituto Adolf Lutz. 533p.
- Sathe K, Deshpande, SS & Salunkhe, DK (1984) Dry beans of *Phaseolus*: a review. I – Chemical composition. In: Proteins. CRC Crit. Review Food Science and Nutrition.20:31-39.
- Sosulski FW & Mccurdy AR (1987) Functionality of flours, protein fractions and isolates from peas and faba beans. Journal Food Science. 52:1010.
- Tobelmann DW Chemical, physical and functional properties of selected milk protein co-precipitates. Tese de mestrado. East Lansing. Michigan State University.115p.