Brazilian Journal of Development

Efeito da granulometria na expansão de extrusados de cascas e albedo de maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa Degener*) e arroz (*Oryza sativa L.*)

Effect of particle size on expansion of extruded of peel and albedo of passion fruit (*Passiflora edulis flavicarpa Degener*) and rice (*Oryza sativa L.*)

DOI:10.34117/bjdv6n7-076

Recebimento dos originais: 03/06/2020
Aceitação para publicação: 03/07/2020

Valéria França de Souza
Doutora em Ciência pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ-
Endereço: Rodovia BR 465, Km 07, s/n Zona Rural , Seropédica-RJ, Brasil
E-mail: vssouzafrana@gmail.com

José Luís Ramirez Ascheri
Doutor em Tecnologia de Alimentos
Instituição: Embrapa Agroindústria de Alimentos
Endereço: Avenida das Américas, 29501, Guaratiba-RJ, Brasil
E-mail: joseascheri@gmail.com

Nandara Gabriela Mendonça Oliveira
Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
Endereço: Rodovia BR 465, Km 07, s/n Zona Rural, Seropédica-RJ, Brasil
E-mail: nandaragabriela@gmail.com

Ana Carolina Salgado de Oliveira
Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Universidade Federal de Lavras -UFLA
Endereço:Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001- Centro, Lavras-MG, Brasil
E-mail: anacarolengalimentos@gmail.com

Rafael Henrique de Almeida Ferreira
Mestrando em Ciência e Tecnologia em Alimentos no Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – IF Sudeste MG
Endereço: Av.Dr. José Sebastião da Paixão, s/n Lindo Vale, Rio Pomba-MG, Brasil
E-mail: rafaelhenrique93@gmail.com

RESUMO
Os co-produtos (cascas e albedo) de maracujá é uma interessante alternativa de uso como fonte de farinha. O arroz que apresenta propriedade como hipoalergenicidade. Neste contexto, objetivou-se avaliar o perfil granulométrico de estrusados resultantes da farinha mista de casca e albedo de maracujá e farinha de arroz obtidos por extrusão termoplástica. Os parâmetros utilizados no processamento por extrusão termoplástica foram: temperatura na terceira zona para extrusora

Brazilian Journal of Development

Brabender (120 a 150°C); umidade de processamento (16 a 18%) e adição de farinha da casca e albedo de maracujá (5 a 18,4%) e a diferença da percentagem corresponde a farinha de arroz. Esses parâmetros foram avaliados através do delineamento central composto rotacional de segunda ordem, com 20 tratamentos, considerando como variáveis dependentes: granulometria e índice de expansão radial (IER). As farinhas mistas extrudadas de cascas e albedo de maracujá e arroz foram analisadas quanto a granulometria, seguindo a metodologia de GERMANI, BENASSI E CARVALHO (1997). Os estrusados foram analisados quanto ao índice de expansão radial (IER), seguindo a metodologia de FAUBION et al., (1982). A granulometria das farinhas mistas foram avaliadas em agitador de peneiras da marca RO-TAP, modelo RX-29-10. O índice de expansão radial foi calculado através do diâmetro de extrusado sobre o diâmetro da matriz. Por meio do estudo realizado verificou-se que quanto menor o tamanho da partícula menor a dureza do extrusado, no entanto, a granulometria, influenciou de forma significativa extrusados leves. Os pontos ótimos considerados para a elaboração das farinhas mistas foram: 41,06% (T_8), 38,67 (T_{12}) e 44,64% (T_{13}) do total estão compreendidos entre as peneiras com abertura de 149 a 212 µm. O IER (6,59 mm, 5,47mm e 5,35mm referente aos tratamentos T_{13}, T_8 e T_{12}. A utilização de farinha mista dos co-produtos de cascas e albedo de maracujá e arroz na produção de extrusados se mostrou eficaz para o consumo humano.

Palavras-chave: Farinhas extrudadas, Fruta, Cereal.

ABSTRACT

Passion fruit (peel and albedo) co-products are an interesting alternative for use as a flour source. The rice that present has property has hipoallergenicity. In this context, objective of this study was to evaluate the particle size profile of the strudel resulting from the mixed flour of passion fruit peel and albedo and rice flour obtained by thermoplastic extrusion. The parameters used in the thermoplastic extrusion processing were: temperature in the third zone for Brabender extruder (120 a 150ºC); moisture (16 to 18%) and the addition of Pfp flour 5 to 18,4%, the percentage difference corresponds to rice flour. These parameters were evaluated through the second-order rotational composite central design with 20 treatments, considering as a dependent variables: particle size and radial expansion index (IER). The extruded mixed flours of passion fruit peel and albedo and rice were analyzed for particle size, following the methodology of GERMANI, BENASSI AND CARVALHO, (1997). The extruded were analyzed for radial expansion index (IER), following the methodology of FAUBION et al., (1982). The grain size of the mixed flours was evaluated an RO-TAP sieve shaker , model RX-29-10. The radial expansion index radial calculated through the extruded diameter over the die diameter. The study showed that smaller the particle size the lower the hardness of the extrudates, however, the particle size significantly influenced light extrudates. The optimum points considered for the elaboration of the mixed flours were: 41,06 % (T_8), 38,67% (T_{12}) e 44,64% (T_{13}) of the total are comprised between the openings of 149 to 212 µm. The IER (6,59mm, 5,47mm e 5,35mm) for treatments T_{13}, T_8 and T_{12}. The use of mixed flour form passion fruit and rice husk and albedo co-products in the productions of extrudates proved to be effective for human consumption.

Keywords: Extruded flour, fruit, cereal.

1 INTRODUÇÃO

A extrusão é um processo completo e contínuo que combina várias operações unitárias, incluindo, transporte, mistura, assamento, cisalhamento, formação e moldagem. A matéria prima processada é submetida a várias modificações, tais como: hidratação de proteínas e amidos, homogeneização, gelatinização do amido, liquefação de gorduras, desnaturação de proteínas,

plastificação e expansão do material processado, formando produtos com novas formas e texturas prontas para o consumo, ou após a moagem dos mesmos as farinhas pré-gelatinizadas, ingredientes com instantaneidade e outras propriedades características. O cozimento por extrusão é um processo de alta temperatura e curto tempo (High Temperature Short Time- HTST) que reduz a contaminação microbiana pela redução da atividade de água, minimiza a perda de nutrientes, além de inativas as enzimas (MARTINEZ, et al., 2014). As características do produto final dependem diretamente das propriedades da matéria prima, como conteúdo de água, estrutura física e composição química, além das condições em que a extrusão é realizada como temperatura, pressão, tamanho do orifício da matriz, e intensidade das forças de cisalhamento (CARVALHO et al., 2012, WANG, et al., 2016).

O cozimento por extrusão é um processo contínuo de um único estágio que combina forças de cisalhamento, altas pressões e altas temperaturas em curto tempo (BERK, 2009). O material alimentício é plastificado com água a fim de alcançar fluidez e ser cozido continuamente enquanto atravessa o canhão cilíndrico (BERRIOS et al., 2013).

As farinhas pré-cozidas possuem modificação em sua estrutura amilácea de maneira que promove capacidade de melhoria na absorção e solubilidade da água, ou seja, as mudanças causam o cozimento do amido e o aspecto de utilizar amido modificado pré-gelatinizado pode facilitar no processamento de produtos como bolo, pães, biscoitos e de confeitaria, além disso este tipo de farinha é um recurso extra para desenvolvimento tecnológico que proporciona redução de perdas industriais com utilização de coprodutos que anteriormente eram subutilizados, e com o processo de extrusão e consequente produção de farinha pré-cozida, podem ser aproveitados (BASTOS, 2012). Desta forma, o pré-cozimento por extrusão termoplástica de produto como o mingau pode ser aproveitado para alimento instantâneo (SOUZA, 2015).

As propriedades funcionais da casca do maracujá, especialmente aquelas relacionadas ao teor e o tipo de fibras, fazem com que a casca de maracujá não seja mais considerada um resíduo industrial, uma vez que pode ser utilizada na elaboração de novos produtos na forma de farinha (GALISTEO, DUARTE,ZARZUELO, 2008).

Diante disso, a literatura tem reportado que estados hiperglicêmicos podem ser reduzidos com o uso da farinha do albedo do maracujá, pela sua atividade e/ou ação hipoglicemiante, se tratando de um subproduto rico em pectina (JUNQUEIRA-GUERTZENSTEIN, 2002).

De acordo com Marcante et al. (2010) citaram que a casca do maracujá é rica em niacina (vitamina B3), ferro, cálcio, fósforo, sódio e pectina, cuja forma sintética é empregada na indústria de alimentos para dar firmeza a doces e geléias.

O principal carboidrato presente no arroz é o amido que, apesar de ter uma produção e utilização comercial menor que de outros cereais, como milho e trigo, tem algumas propriedades

desejáveis como sabor suave, cor branca e boa digestibilidade. É hipoalergênico, pois não contém proteínas específicas que causam reações alérgicas, tendo assim aplicações em fórmulas para lactantes. Além disso, o amido de arroz tem teor relativamente elevado de amilose, ideal em situações desejadas de baixo índice glicêmico, o que é desejável em produtos destinados para consumidores com diabetes ou obesas (JANG, et al., 2016).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o perfil granulométrico de extrusados resultantes da farinha mista de cascas e albedo de maracujá e farinha de arroz obtidas por extrusão termoplástica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.1.1 Obtenção das matérias-primas e insumos

2.1.1.1 Arroz

O arroz *(Oryza sativa, L.),* sob a forma de grãos polido, da marca *Tio João*, classe longo fino tipo 1, foi adquirido em novembro de 2011 no comércio local da cidade do Rio de Janeiro, em embalagem de 5 Kg e mantidos à temperatura ambiente até o processo de moagem.

2.1.1.2 Maracujá

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis Flavicarpa Degener*) foi adquirido no comércio local da cidade do Rio de Janeiro. .

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Produção da farinha de arroz branco

O arroz foi retirado das embalagens em que são comercializados e moído em moinho de disco, com peneira de abertura de 1 mm, obtendo-se então a farinha de arroz branco.

2.2.2 Produção da farinha de casca e albedo de maracujá

Efetuou-se o processamento do maracujá na planta-piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizado em Guaratiba, Rio de Janeiro. O preparo da farinha maracujá (casca + albedo) foi realizado em frutas *in natura.* As frutas foram selecionadas, lavadas em água corrente, para retirada de sujeiras e sanitizadas com água clorada (20 ppm de cloro residual livre durante 20 minutos). Em seguida, foram lavadas novamente em água corrente para a retirada do cloro residual. Foi feita a divisão do maracujá em 4 partes (despolpamento), em seguida foi retirada a polpa e, a casca e o albedo foram secos em estufa a 70ºC durante 24 horas. Após a secagem, as cascas e albedo

Brazilian Journal of Development

foram pesados e acondicionados em sacos plásticos para serem posteriormente moídos. As amostras secas foram moídas em moinho de facas-martelo Marca TREU com peneira de 1 mm, em seguida moinho de disco com abertura de 2mm e posterior o moinho de perten com peneira de 0,8 mm obtendo-se a farinha da casca e albedo de maracujá com granulometria adequada. A determinação da distribuição granulométrica da farinha de (casca + albedo) foi determinada em um analisador e tamanho de partícula a laser Analysette 22 (Fritsch, Idar-Oberstein, Alemanha). Os experimentos foram realizados em triplicata. A farinha de casca e albedo do fruto foi acondicionada em sacos plásticos, identificadas e mantidas armazenadas a temperatura de refrigeração de 4ºC para posterior uso.

A extrusão foi realizada na planta piloto de cereais na Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizado em Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ.

Foi utilizado o delineamento central composto rotacional **(Tabelas 1 e 2)** visando reduzir as combinações e otimizar o processo de coleta e análise de dados, segundo BOX et al (1987). Foram analisados as variáveis independentes, temperatura na terceira zona do canhão; formulação da farinha de arroz e farinha de casca de albedo de maracujá e umidade de processamento.

Tabela 1. Níveis das variáveis independentes a serem estudadas no processo de elaboração dos extrudados expandidos.

	Níveis				
Variáveis	-α= 1,682	-1	0	+1	+α= 1,682
X^1	99,6	120	150	180	200,4
X^2	14,64	16	18	20	21,36
X^3	1,6	5	10	15	18,4

X^1 - Temperatura das zonas para extrusora Brabender (ºC)
X^2 - Umidade de processamento (%)
X^3 - Formulação da farinha da casca e albedo de maracujá (%); a diferença da percentagem corresponde à farinha de arroz

Tabela 2. Delineamento completo do desenho experimental.

Experimento	**Níveis Codificados das Variáveis**			**Níveis Decodificados das Variáveis**		
	x^1	x^2	x^3	X^1	X^2	X^3
01	+1	+1	+1	180	20	15
02	-1	+1	+1	120	20	15
03	+1	-1	+1	180	16	15
04	-1	-1	+1	120	16	15
05	+1	+1	-1	180	20	5
06	-1	+1	-1	120	20	5
07	+1	-1	-1	180	16	5
08	-1	-1	-1	120	16	5
09	+1,68	0	0	200,4	18	10
10	-1,68	0	0	99,6	18	10
11	0	+1,68	0	150	21,36	10
12	0	-1,68	0	150	14,64	10

Brazilian Journal of Development

13	0	0	+1,68	150	18	18,4
14	0	0	-1,68	150	18	1,6
15	0	0	0	150	18	10
16	0	0	0	150	18	10
17	0	0	0	150	18	10
18	0	0	0	150	18	10
19	0	0	0	150	18	10
20	0	0	0	150	18	10

x^1, x^2 e x^3= níveis codificados

X^1 = Temperatura das zonas para extrusora Brabender (ºC)

X^2= Umidade de processamento (%)

X^3 = Formulação da farinha da casca e albedo e maracujá (%)

2.2.3 Análises Estatísticas

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com auxílio do programa computacional Statistica Six Sigma, versão 7.0, com as variáveis independentes codificadas.

2.2.4 Condições do Processo de Extrusão

Os melhores tratamentos foram utilizados nas proporções de 5:95 (T_8), 10:90 (T_{12}) e 18,4:81:6 (T_{13}) de cascas e albedo de maracujá:arroz polido respectivamente, foram processadas para posterior extrusão.

As amostras foram processadas em uma extrusora Brabender, de parafuso único, modelo DSE 20 DN, (Duisburg, Alemanha), parafuso com taxa de compressão (3:1), taxa de alimentação 2,5 Kg, conectado a um sistema de refrigeração pneumático, para controle de temperatura na camisa de extrusão, velocidade de rotação do parafuso a 140 rpm, capacidade de produção de 7Kg.$h^{-1,}$ com a matriz circular de 3,0 mm de diâmetro, com temperatura na 1ª zona 60ºC, a temperatura na 2ª zona 100ºC, sendo que a temperatura na 3ª zona variando a 120ºC (T_8) e a 150ºC (T_{12} e T_{13}) a 150ºC.

Os extrudados expandidos, após a secagem a (70ºC durante 24 horas) e moagem foram submetidos ao índice de expansão radial e a granulometria.

2.2.5 Classificação granulométrica das farinhas extrudadas

O tamanho das partículas das farinhas mistas extrudadas (cascas e albedo de maracujá e arroz), a partir da moagem dos melhores tratamentos (T_8, T_{12} e T_{13}), foi determinado utilizando um agitador de peneiras da marca RO-TAP, modelo RX-29-10. A classificação granulométrica foi realizada em duplicata para cada uma das amostras.

Brazilian Journal of Development

Para a classificação granulométrica foram peneiradas 100 g de cada amostra de farinha acima descrita, durante 10 minutos, em um conjunto de sete peneiras arredondadas e vibratórias, com aberturas de malhas de 60; 70; 100;120;140;170 e 200 mesh (250, 212, 149. 125, 106, 90 e 75 µm, respectivamente) e uma base.

Em seguida, os conteúdos retidos em cada peneira foram pesados e expressos em porcentagens de retenção, seguindo o procedimento padrão descrito por GERMANI, BENASSI E CARVALHO (1997).

2.2.6 Índice de Expansão dos Extrudados

O índice de expansão (IE) dos extrudados foi calculado pela razão entre o diâmetro do extrusado (mm) e o diâmetro da matriz do extrusor (mm). As medidas dos diâmetros foram efetuadas nas superfícies mais uniformes dos expandidos, com auxílio de um paquímetro. O valor considerado foi obtido através da média aritmética de 20 medidas para cada tratamento (FAUBION et al., 1982) e foi calculado pela seguinte equação:

$$IE = \frac{\text{Diâmetro do extrusado (mm)}}{\text{Diâmetro da matriz (mm)}} \quad (1)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA

A Tabela 3, apresenta os valores experimentais da classificação granulométrica dos melhores tratamentos das farinha mista extrudada de cascas e albedo de maracujá e arroz.

Tabela 3. Distribuição granulométrica da farinha mista extrudada de cascas e albedo de maracujá e arroz

Mesh (Tyler)	Abertura da Peneira (µm)	Fração retida (%)		
		T_8	T_{12}	T_{13}
60	300	10,34	5,91	14,55
70	212	20,76	16,30	25,17
100	149	20,30	22,37	19,47
120	125	12,12	12,62	11,59
140	106	8,14	9,22	6,19
170	75	14,64	15,25	10,32
200	62	3,22	3,42	2,02
Fundo	Fundo	10,48	14,89	10,63

Todas as amostras extrudadas e expandidas foram submetidas a duas moagens (disco e perten) para posteriormente análise granulométrica. Por outro lado, LINDEN E LORIENT (1994) citaram

que o processo de moagem inadequado contribui para maior número de partículas heterogêneas na farinha, comprometendo a qualidade final dos produtos elaborados.

A determinação da distribuição granulométrica da farinha está apresentado na Tabela 3. Pode observar que a amostra apresenta uma distribuição bimodal onde aproximadamente 41,06% (referente ao T_8), 38,67% (referente ao T_{12}) e 44,64% (referente ao T_{13}) do total estão compreendidos entre as abertura de 149 a 212 µm e 10,48% (referente ao T_8), 14,89% (referente ao T_{12}) e 10,63% do total apresenta partículas inferiores a 62µm (finos).

A distribuição granulométrica tem significativa influência na textura e palatabilidade do produto final. As células e estruturas dos *snacks* produzidos por extrusão serão maiores ou menores segundo a distribuição percentual do tamanho das partículas da matéria prima utilizada (ASCHERI E CARVALHO, 2011).

O tamanho da partícula tem sido apontado como um fator importante na expansão, principalmente quando se utiliza extrusores com rosca única (ASCHERI E CARVALHO, 2011) apresentada neste estudo. De acordo com estes autores relataram que o tamanho da partícula das matérias primas pode afetar notavelmente a textura e a uniformidade do produto final. É desejável que as partículas tenham tamanho e densidade uniforme, para prevenir a segregação durante a mistura e o transporte antes do processo de extrusão.

A importância da uniformidade das partículas também está relacionada com a uniformidade no condicionamento das mesmas, isto baseado no princípio da difusidade da água, em que as partículas de menor tamanho serão as que mais rapidamente absorverão água (ASCHERI E CARVALHO, 2011).

SILVA et al. (2009) analisaram o tamanho de partículas em biscoitos e bolos, elaborados a partir de farinha extrudada de quirera de arroz com pó de café, obtidos por extrusão termoplástica e verificaram maiores porcentagens de partículas da farinha mista foram retidas na peneira com abertura de 180µm (80 mesh), sendo cerca de 40% (referente ao T_7 para biscoitos) e 52,6% (referente ao T_{13} para biscoitos), respectivamente. Assim, pelo presente estudo verifica-se que a farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz alcançaram resultados bastante homogêneos comparados por SILVA et al. (2009).

De acordo SILVA (2007) avaliou a distribuição do tamanho de partículas em massas alimentícias à base de farinha mista extrudada de arroz integral e milho, por extrusão termoplástica e observou no T_5 com 34,7% maior retenção na abertura com peneira de 250µm. Por outro lado, baixos valores de retenção de partícula foram encontrados neste estudo comparados com SILVA (2007). De acordo com os resultados obtidos, a farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz apresentou alto índice de absorção de água e solubilidade em água, entretanto, maior retenção de partícula distribuída

nas peneiras com aberturas de 149 a 212 µm (70 a 100 mesh). Assim, pelo presente estudo verificou-se que, durante a mistura da farinha e da água, partículas mais finas tendem a absorver água mais rapidamente que as grossas, o que exige tempo de mistura menos prolongado para a homogeneização. Por outro lado, quanto maior a uniformidade no tamanho de partículas de farinhas, maior facilidade de homogeneização, hidratação e cocção do produto.

Portanto, a uniformidade no tamanho das partículas dos ingredientes permitiu um cozimento adequado e uniforme durante o processo de extrusão, prevenindo dureza ou cozimento parcial no produto final. Se o tamanho das partículas da matéria prima variar de forma significativa, o produto final poderá conter partículas indesejáveis com diferentes graus de cocção, o qual diminui a qualidade tanto na aparência como na palatabilidade (ASCHERI E CARVALHO, 2011).

Por outro lado DESRUMAUX, BOUVIER, BURRI (1998) afirmaram que o incremento no tamanho da partícula gera extrusados leves e de estrutura das células maiores. Além disso, maior efeito de cozimento ou transformação do amido ocorreu nas partículas menores conforme Tabela 3. Partículas menores são hidratadas mais facilmente do que partículas maiores. Além disso, o processo de cocção das partículas menores é mais rápido do que das partículas maiores. O tamanho das partícula da farinha exerce influência sobre características sensoriais como aparência, sabor, textura e no tempo de cozimento.

Os resultados obtidos após o processo de extrusão demonstraram maior facilidade na quebra do amido reduzindo o tamanho das moléculas, homogeneizando o material pela aplicação do calor, baixas percentagens de umidade (maior pressão no interior da extrusora) e cisalhamento. Por outro lado, o tipo de amido utilizado (arroz) também contribui com o cisalhamento no processo de extrusão facilitando o aumento na transformação da estrutura amilácea. O que torna a farinha de cascas e albedo de maracujá e arroz interessante, podendo ser usada para elaboração de produtos desenvolvidos por extrusão, como biscoitos e mingaus do presente estudo.

3.2 ÍNDICE DE EXPANSÃO RADIAL

Considerando-se os valores dos efeitos lineares e quadráticos estão representados em forma de gráfico na Figura 1, no qual se observa que os efeitos lineares das variáveis:umidade, temperatura e cascas e albedo de maracujá mostra uma tendência negativa e efeito quadrático da casca e albedo de maracujá ($p<0,05$) foi significativa apresenta efeito positivo. Na Figura 2, verifica-se o efeito das variáveis temperatura e umidade no índice de expansão radial da farinha pré-gelatinizada de cascas e albedo de maracujá e arroz.

Os valores dos efeitos lineares e quadráticos estão representados em forma de gráfico na Figura 1, no qual se observa que os efeitos lineares das variáveis: umidade, temperatura e casca e

Brazilian Journal of Development

albedo de maracujá mostra uma tendência negativa e efeito quadrática da casca e albedo de maracujá ($p<0,05$) foi significativa apresenta efeito positivo. Na Figura 2, verifica-se o efeito das variáveis temperatura e umidade no índice de expansão radial da farinha pré-gelatinizada de cascas e albedo de maracujá e arroz.

Figura 1. Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos no IER.

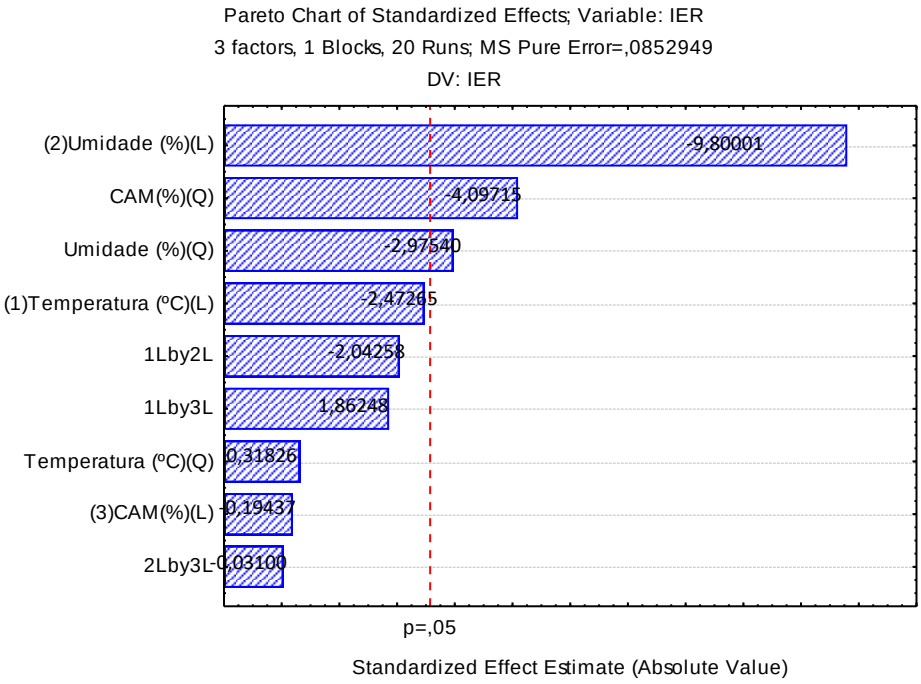
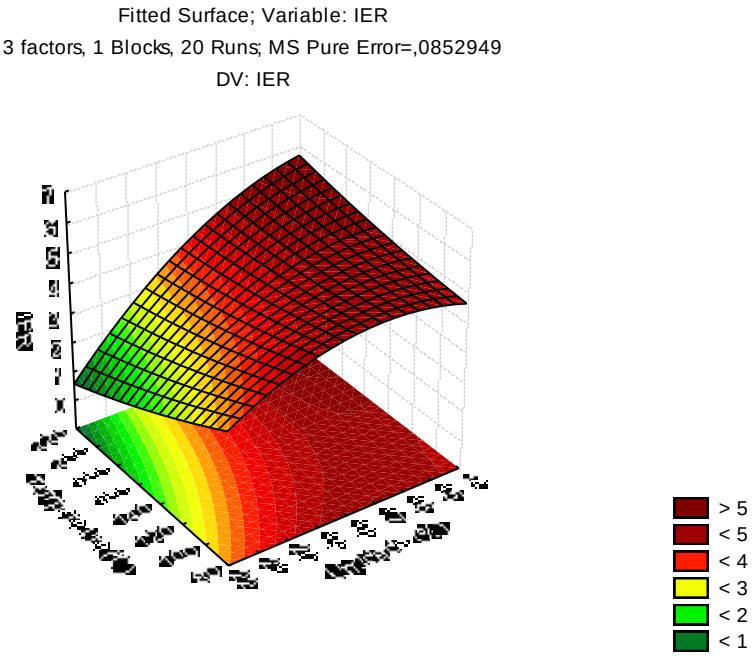


Figura 2. Efeito da temperatura e umidade no índice de expansão radial (IER).



Brazilian Journal of Development

Analisando a Figura 2, pode-se verificar o maior efeito do índice de expansão radial, quando comparado à variável umidade sobre a temperatura. Desta forma, a diminuição da umidade e baixas temperaturas na farinha mista pré-gelatinizada de cascas e albedo de maracujá e arroz proporciona maior expansão dos extrudados e alta pressão na saída da extrusora.

Os maiores valores médios de índice de expansão radial (6,59 mm, 5,47 mm e 5,35 mm referentes aos ensaios T_{13}, T_8 e T_{12} respectivamente), foram determinados quando a farinha mista (de casca e albedo de maracujá e arroz) com percentagem de (18,4%, 5% e 10% da formulação foi extrudada com umidade de 18%; 16% e 14,64%) e temperatura de 150ºC; 120ºC e 150ºC conforme Tabela 2. Por outro lado, citado por ASCHERI E CARVALHO (2014) se a umidade for alta, o produto final terá um menor cozimento, exercerá menor pressão sobre a matriz, reduzirá a geração de calor e a transformação do produto também será diminuída.

BRENNAN et al. (2012), relata que o índice de expansão está relacionado também com a quantidade de água inserida na amostra a extrudar.

CAPRILES E ARÊAS (2012) afirma que maiores teores de amido estão relacionados a maiores valores de índice de expansão usando matéria prima com menor teor de lipídio (arroz) e baixa umidade no momento da extrusão. Desta forma, CAPRILES E ARÊAS (2011) verificaram que extrudados com maior expansão são mais crocantes.

Assim, pelo presente estudo verifica-se que o menor valor do índice de expansão foi verificado para o tratamento T_1 com 2,63 mm de diâmetro, quando o ensaio foi processando com o maior teor de umidade 20%, temperatura na terceira zona de extrusão de 180ºC e 15% da formulação da farinha da casca e albedo de maracujá, demonstrando que a umidade contribui na redução da expansão dos extrudados, uma vez que, de acordo com CAPRILES E ARÊAS (2012) pode-se observar que a alta umidade diminuem a quantidade de amido gelificado na massa.

Verificou-se que quanto maior a umidade de processamento (20%) utilizada nos ensaios T_1, T_2 e T_5 no processo de extrusão, observou-se um baixo índice de expansão conforme Tabela 4. Segundo (MILLER 1985), esse fenômeno acontece pela relação que ocorre entre a quantidade de água e a força do gel formado durante a extrusão, a qual produz uma diminuição da taxa de cisalhamento no interior do canhão da extrusora, com isso uma diminuição da pressão interna do sistema adiabático do canhão extrusor. Em ensaios extrudadas com alto teor de umidade, o gel tende a ser mais elástico, gerando menor atrito no barril.

Brazilian Journal of Development

Tabela 4. Valores médios do índice de expansão radial (IER) atribuídos no processo de elaboração dos extrudados expandidos das amostras de casca e albedo de maracujá e arroz.

Tratamentos	%Fibra[1]	%Umidade [2]	Tª ºC[3]	IER		
1	15	20	180°C	2,649667	±	0,40675
2	15	20	120°C	3,067444	±	0,62553
3	15	16	180ºC	4,701333	±	0,65034
4	15	16	120ºC	4,434	±	0,43008
5	5	20	180ºC	2,929722	±	0,38497
6	5	20	120ºC	4,275278	±	0,68427
7	5	16	180ºC	5,127111	±	0,85817
8	5	16	120ºC	5,4705	±	0,87432
9	10	18	200,4ºC	4,710389	±	0,41623
10	10	18	99,6ºC	5,2035	±	0,75649
11	10	21,36	150ºC	3,120556	±	0,39024
12	10	14,64	150ºC	5,359944	±	0,85309
13	18,4	18	150ºC	6,593944	±	1,26252
14	1,6	18	150ºC	4,9645	±	0,76083
15	10	18	150ºC	4,097389	±	0,81232
16	10	18	150ºC	4,500167	±	0,49816
17	10	18	150ºC	4,612667	±	0,61438
18	10	18	150ºC	4,522722	±	0,80386
19	10	18	150ºC	3,853611	±	0,55183
20	10	18	150ºC	4,333778	±	0,79266

[1] Fibra de farinha de cascas e albedos de maracujá.
[2] Umidade de processamento.
[3] Temperatura da ultima zona do extrusor.

Os resultados obtidos para o índice de expansão radial, o valor mínimo de 5,35 e máximo de 6,59 dos melhores ensaios, superiores aos encontrados por MIKALOUSKI et al. (2014), que relata índices variando de 4,73 para grits de milho, 4,50 para fubá mimoso e 3,99 para fubá mimoso fino e por outro lado, citado por CAMARGO, LEONEL E MISCHAN (2008) analisando o polvilho azedo e do farelo de mandioca obtiveram índice de expansão que variou de 3,5 a 5,7.

A percentagem de farinha de casca e albedo de maracujá utilizada nesse estudo não influenciou a expansão dos expandidos. Justifica-se, que o objetivo foi utilizar a maior incorporação possível da farinha de casca e albedo de maracujá, portanto foi utilizado os maiores valores do índice de expansão radial.

De acordo com LUE, HSIEH E HUFF (1991) a presença de fibras rompe as paredes das células evitando a formação de bolhas de ar e assim alcancem seu máximo potencial de expansão. Farelos de cereais interferem na expansão das bolhas, pois reduzem a capacidade de sua espessura, o que está relacionado com o tamanho de partícula do farelo. Ao causar ruptura prematura das células das paredes, o farelo geraria maior número de pequenas células rompidas (GUY, 1985).

Brazilian Journal of Development

Os resultados encontrados neste estudo, estão relacionados a baixos valores do teor de fibras de cascas e albedo de maracujá dos ensaios T_8 (5%), T_{12} (10%) e T_{13}(18,4%) que contribuíram para a expansão dos extrudados. Por outro lado, HASHIMOTO E GROSSMANN (2003) observaram que a expansão radial diminui com aumento do conteúdo de fibra dietética, como por exemplo relataram que houve a diminuição do diâmetro do extrudado quando o teor de farelo de mandioca foi aumentado na formulação, sendo este subproduto rico em fibra resultante do processo de extração de amido da mandioca. De acordo com PAI et al. (2009) relatou que a presença de fibras prejudica a expansão dos extrudados.

Com relação aos tratamentos (T_8, T_{12} e T_{13}) o percentual de farinha de cascas e albedo de maracujá (5%, 10% e 18,4%) foi indiretamente proporcional à expansão dos extrudados, isto é, quanto menor o teor de fibras na mistura, maior o valor de expansão.

De acordo com os resultados, os melhores tratamentos T_8, T_{12} e T_{13} apresentaram um produto final e de alta crocância favorecendo a textura que contribuem sensorialmente para aceitabilidade. Pode-se observar que a proporção de farinha de arroz e cascas e albedo de maracujá variaram para os ensaios T_8(95:5), T_{12} (90:10) e T_{13} (81,6:18,4) resultando em maior índice de expansão e tamanho da bolha de ar. Por outro lado, ASCHERI E CARVALHO (2014) identificaram que utilizando a proporção de farinha de arroz e casca de maracujá (80:20) influencia em menor expansão e tamanho da bolha de ar, e para farinha de arroz e soro de leite (80:20) não houve mudança no tamanho e distribuição das bolhas.

4 CONCLUSÃO

Com base no presente estudo, concluí-se que a extrusão permite verificar que os pontos ótimos considerados para a elaboração das farinhas mistas foram: 41,06% (T_8), 38,67 (T_{12}) e 44,64% (T_{13}) do total estão compreendidos entre as peneiras com abertura de 149 a 212 µm. O índice de expansão radial (6,59 mm, 5,47 mm e 5,35 mm referente aos tratamentos T_{13}, T_8 e T_{12}. A utilização de farinha mista dos co-produtos de cascas e albedo de maracujá e arroz na produção de extrusados se mostrou eficaz para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C. W.P. Tecnologia de extrusão: uma ferramenta para o desenvolvimento de produtos. **In: Tendências e Inovações em Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos.** 1ed. by Louise Emy Kurozawa, Stella Regina Reis da Costa. São Paulo: Ed. Atheneu, v.1, p.123-146, 2014.

ASCHERI, J.L.R.;CARVALHO,C.W.P. **Apostila do curso anual em processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2011. 100p.

BASTOS, G. M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten.** 215f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BERK, Z. **Food process engeneering and technology**. Academic Press, New York 2009. p.333-350.

BERRIOS, J. J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. Extrusion processing of dry beans and pulses. In M. Siddiq. M.A. Uebersax (Eds.), **Dry beans and pulses.** John Wiley; Sons, Iowa, 2013. p.185-203.

BRENNAN, M. A.; MENARD, C.; ROUDAUT, G.; BRENNAN, C. Amaranth, millet and buckwheat flours affect the physical properties of extruded breakfast cereals and modulates their potential glycemic impact. **Startch/Starke**, v.64, p.392-398, 2012.

BOX, G. E. P. Exploration of maxima and ridge systems with second-order response surfaces. In: **Empirical model-building and response surfaces.** Eds. G. E.P. Box) John Wiley & Sons, New York. 1987. p.304-322.

CAMARGO, K. F.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras:efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, p.586-591, 2008.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS,J. A. G. Avaliação da Qualidade Tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas mistruas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology,** Campinas, v.15, n.1, p.21-29, 2012.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de snacks à base de amaranto. **Brazilian Journal of Food Technology,** Campinas, v.14, n.1, p.19-26, 2011.

CARVALHO, A.V.; RIOS, A. O.; BASSINELLO, P.Z.; FERREIRA, T. F. Efeitos dos parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão. Brazilian Food and Technology, Campinas, v.15, n.4, p.333-342,2012.

DESRUMAUX, A.; BOUVIER, J.M.; BURRI, J. Corn grits particle size and distribution effects on the characteristichs of expanded extrudates. **Journal of Food Science,** Chicago,v.63, n.5, p.857-863, 1998.

FAUBION,J. M.; HOSENEY, R. C.; ESEIB, P.A. Functionability of grain components in extrusion. **Cereal Food World**, v.27, n.5, p.212-216, 1982.

GALISTEO, M.; DUARTE, J.; ZARZUELO, A. Effects of dietary fiber son disturbances sclustered in themetabolicsyndrome. **Journal of Nutritional Biochemistry.**, v.19, p.71-84, 2008.

GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L.V. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 84p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos,n.28).

GUY, R. C. F. The extrusion revolution. **Food Manufacture**, v.60, p.26-29, 1985.

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Tecnology,** v.38, n.5, p.511-517, 2003.

JANG, E. H.; LEE, S. J.; HONG, J.Y.; CHUNG, H.J.; LEE, Y.T.; KANG, B. S.; LIM, S. T. Correlation between physicochemical properties of japonica and indica rice starches. **Food Science and Technology,** v.66, p.530-537, 2016.

JUNQUEIRA-GUERTZENSTEIN, S.M. Uso da casca do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa, Deg*) cv amarelo na alimentação de ratos (rattusnorvergicus) normais e diabéticos. **Revista Caderno do Centro Universitário** São Camilo, v.10, p.213-218, 2002.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. España (Zaragoza): Acribia, 1994. 426p.

LUE, S.; HSIEH, F.; HUFF, H. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber:effects on expansion properties, starch gelatinization and dietary fiber content. **Cereal Chemistry,** v.68, p.227-234, 1991.

MARCANTE, N.C.; PRADO, R.M.; CAMACHO, M. C.; ROSSET, J. S.; ECCO, M.; SAVAN, P. A. L. Determinação da matéria seca e teores de macronutrientes em folhas de frutíferas usando diferentes métodos de secagem. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.40, n.11, p.2398-2401, 2010.

MARTÍNEZ, M. M.; CALVIÑO, A.; ROSELL, C.M.; GÓMEZ, M. Effect of different extrusion treatments and particle size distribution on the physic-chemical properties of rice flour. **Food and Bioprocess Technology,** New York, v.7, n.9, p.2657-2665, 2014.

MIKALOUSKI, F. B. S.; MONTEIRO, A. R.G.; MARQUES, D. R.; MONTEIRO, C. C. F.; BENOSSI, L. Influência da granulometria da matéria prima na expansão de extrusados de milho. **Brazilian Journal of Food Technology,** Campinas, v. 17, n.1, p.28-32, 2014.

MILLER, R.C. Low moisture extrusion:effects of cooking moisture on products characteristics. **Journal of Food Science,** Chicago, v.50, n.1, p.249-253, 1985.

PAI, D. A.; BLAKE, A. R.; HAMAKER, B. R..; CAMPANELLA, O.H. Importance of extensional rheological properties on fiber-enriched corn extrudates. **Journal of Cereal Science,** London, v.50, n.2, p.227-234, 2009.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v.29, n.4, p.815-819, 2009.

SILVA, E.M. M. **Produção de macarrão pré cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão.** 2007. 118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.2007.

SOUZA, V. F. **Efeitos de parâmetros de processamentos nas propriedades reológicas e físico-químicas de misturas extrudadas de farinhas mista de cascas e albedo de maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa Degener*) e arroz (*Oryza sativa L.*) como ingrediente funcional.** Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2015

STASOFT. STATISTICA 7.0 for Windows- Computer program manual. Tulsa:Statsoft, Inc., 2007.

WANG, L.; DUAN,W.; ZHOU, S.; QIAN, H.; ZHANG, H.; QI,X. Effects of extrusion conditions on the extrusion responses and the quality of brown rice pasta. **Food Chemistry,** Barking, v.204, n.1, p.320-325, 2016.