

Estudo do Processo de Torração de Castanha-do-brasil Visando à Elaboração de Farinha Parcialmente Desengordurada



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto

Presidente

Sílvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Claudia Assunção dos Santos Viegas

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Amazônia Oriental

Jorge Alberto Gazel Yared

Chefe-Geral

Oriel Filgueira de Lemos

Gladys Ferreira de Souza

João Baía Brito

Chefes Adjuntos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-5265

Outubro, 2005

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 43

Estudo do Processo de Torração da Castanha-do-Brasil Visando à Elaboração de Farinha Parcialmente Desengordurada

Kelly de Oliveira Cohen
Déborah dos Santos Garutti
Edy Souza de Brito

Belém, PA
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
Caixa Postal, 48 CEP: 66095-100 - Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

Comitê Local de Editoração:

Presidente – Gladys Ferreira de Souza
Secretário-Executivo: Francisco José Câmara Figueirêdo
Membros: Izabel Cristina D. Brandão
José Furlan Júnior
Lucilda Maria Sousa de Matos
Moacyr Bernardino Dias Filho
Vladimir Bonfim Souza
Walkimário de Paulo Lemosr

Revisores Técnicos

Ana Vânia Carvalho - Bolsista do CNPq
Pesquisador indicado pela Chefia de P&D da Embrapa Agroindústria Tropical

Supervisor editorial: Regina Alves Rodrigues
Supervisão Gráfica: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes
Revisor de texto: Marlúcia Oliveira da Cruz
Normalização bibliográfica: Célia Maria Lopes Pereira
Editoração eletrônica: Francisco José Farias Pereira

1ª edição

1ª impressão (2005): 300 tiragem

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Cohen, Kelly de Oliveira

Estudo do processo de torração da castanha-do-brasil visando a elaboração de farinha parcialmente desengordurada / por Kelly de Oliveira Kohen, Déborah dos Santos Garutti e Edy Souza de Brito. - Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

32 p. il.; 25 cm. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 43)

ISSN 1676 -5265

1. Castanha-do-pará. 2. Farinha de castanha-do-brasil.
3. Processamento. I. Garutti, Débora dos Santos. II. Brito, Edy Souza de.
III. Título. IV Série.

CDD - 634.575

© Embrapa 2005

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	13
Conclusões	31
Referências Bibliográficas	31

Estudo do Processo de Torração da Castanha-do-brasil Visando a Elaboração de Farinha Parcialmente Desengordurada

*Kelly de Oliveira Cohen*¹

*Déborah dos Santos Garutti*²

*Edy Souza de Brito*³

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar o processo de torração das amêndoas de castanha-do-brasil visando a elaboração de farinha parcialmente desengordurada de melhor qualidade sensorial. As amêndoas foram submetidas ao processo de torração em estufa com circulação de ar, conforme planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com 2 níveis (-1, +1). Foram feitos 3 pontos centrais (0) e 2 níveis de pontos axiais (-a, +a), resultando em 11 ensaios. As variáveis independentes foram tempo (t_t) e temperatura de torração (T_t), cujos mínimos e máximos (-a, +a) foram de 14 a 56 min e de 102 a 158°C, respectivamente. Após a torração das amêndoas, estas foram moídas e prensadas para a obtenção da torta. Esta última foi refinada, produzindo-se a farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil (FPDCB), cuja aceitabilidade e atributos (cor, aroma, sabor de castanha e sabor torrado), foram utilizados como variáveis dependentes do processo. A análise dos resultados foi feita por meio da Metodologia de Superfície de Resposta. Para se compor os modelos ajustados com suas respectivas superfícies, foram considerados os parâmetros estatisticamente significativos a $p \leq 0,25$. A validade dos modelos foi avaliada pelos seus respectivos coeficientes de determinação e da

1 Eng. Quím. D.Sc. Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48, CEP 66095-100, Belém,PA., E-mail: cohen@cpatu.embrapa.br

2 Eng. de Alimentos. D.Sc. Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. R Dra Sara Mesquita, 2270 PICI 60511110 - Fortaleza, CE., E-mail: deborah@cnpat.embrapa.br

3 Quím. Indust. D.Sc. Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, E-mail: edy@cnpat.embrapa.br

análise da regressão, e da falta de ajuste, realizadas pela análise de variância. Pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que quando as amêndoas de castanha-do-brasil são submetidas ao processo de torração, nas faixas de tempo e temperatura de torração adotadas neste estudo, as farinhas parcialmente desengorduradas produzidas por estas amêndoas, que apresentam menor alteração de cor; maior intensidade do sabor de castanha e menor intensidade do sabor torrado, consequentemente, maior aceitação por parte dos consumidores, foram as provenientes dos experimentos dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130°C a 35 min) e do experimento 10 (130°C a 14 min).

Termo para indexação: *Bertholletia excelsa*, amêndoas, planejamento experimental.

Study of the Process for Roasting Brazil Nuts in Order to Prepare Partially Defatted Flour

Abstract

This study had the objective of studying the process of roasting Brazil nuts in order to prepare a partially defatted flour of better sensorial quality. Nuts were roasted in a circulating air stove, a complete factorial experimental design was used 2^2 , with two levels (-1, +1). Three central points (0) and two axial points (-á, + á) were made, and 11 trials came out as a result. The independent variables were time and roasting temperature, with maximum and minimum values (-á, + á) of 14 to 56 min and 102 to 158°C, respectively. After the nuts have been roasted, they were ground and pressed in order to obtain the pie. The pie was refined and, as a result, it was produced the Brazil nut partially defatted flour (BNPDF), which acceptance and attributes (color, aroma, nut flavor and roasting flavor) were used as the process dependent variables. The results were analyzed by Response Surface. In order to compose the models adjusted to their own surfaces, the statistically significant parameters were considered to $p < 0,25$. The validation of the models was made on the basis of the coefficients of determination, the regression analysis and the lack of adjustment, carried out by analysis of variance. Based on the results, it could be concluded that when Brazil nuts are subjected to roasting, using the ranges of time and temperature used in this experiment, the partially defatted flours produced, which present a small change in color, increasing intensity of nut taste and lower intensity of roasting taste, hence, greater acceptance by the consumers, were those coming from the experiments with central points 5, 6 and 7 (130°C at 35 min), and experiment 10 (130°C at 14 min).

Index key words: *Bertholletia excelsa*, nuts, experimental planning.

Introdução

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), espécie nativa da Amazônia, destaca-se pelo alto valor nutritivo e comercial de sua amêndoa (Ohashi, et al. 1995). Esta, por ser oleaginosa, apresentando cerca de 60 a 70% de lipídios, possui elevado valor calórico, com 676,56 kcal/100g (Nery, 1969; Souza & Menezes, 2004).

As amêndoas de castanha-do-brasil apresentam significativo teor de proteínas, cerca de 15% a 20% (Nery, 1969). Segundo Souza & Menezes (2004), a proteína da amêndoa é rica em todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor dos sulfurados (metionina e cisteína), geralmente insuficientes em proteínas vegetais. De acordo com Srur (1976), essa elevada concentração em metionina na proteína da castanha é um dado que merece ser considerado no equilíbrio aminoacídico das dietas infantis artificiais, que são deficientes em aminoácidos essenciais.

A castanha possui muitos outros constituintes indispensáveis a uma boa alimentação, como o selênio, antioxidante que vem sendo referido na prevenção de câncer, doenças cardiovasculares, entre outras, apresentando na amêndoa 2,04 mg/kg (Souza & Menezes, 2004).

Embora a castanha apresente todo esse potencial nutritivo, de acordo com Glória & Regitano-D'Arce (2000), a população nacional desconhece o seu potencial nutricional e industrial. Isto, somado ao seu elevado valor comercial, faz com que mais da metade da produção seja destinado ao mercado internacional. No Brasil, a castanha-do-brasil é consumida, principalmente na forma *in natura*.

Uma opção de se utilizar a castanha, para a elaboração de diversos produtos alimentícios, é submetendo as amêndoas ao processo de prensagem para a extração de seu óleo, obtendo-se a torta, que é o resíduo da extração.

A torta de castanha, quando obtida por meio de duas prensagens consecutivas, possui cerca de 25% de lipídios e teor de proteínas em torno de 40%, apresentando todos os aminoácidos presentes na amêndoa. A quantidade de selênio da torta é superior ao da amêndoa, com 7,13 mg/kg (Souza & Menezes, 2004).

As amêndoas, ao serem submetidas à extração de seu óleo, perdem significativamente seus atributos sensoriais. Este trabalho teve como objetivo estudar o processo de torração das amêndoas de castanha-do-brasil visando à produção de farinha parcialmente desengordurada de melhor qualidade sensorial.

Material e Métodos

Matéria-prima

Utilizou-se cerca de 11 kg de castanha-do-brasil com casca, obtida no mercado do Ver-o-Peso, da cidade de Belém, PA.

Processamento da castanha-do-brasil *in natura* para a obtenção de farinha parcialmente desengordurada

O processamento da castanha-do-brasil *in natura* foi realizado no Laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental e no Departamento de Engenharia Química e de Alimentos da Universidade Federal do Pará. Na Fig. 1, encontra-se o fluxograma de seu processamento.

Planejamento experimental para o processo de torração das amêndoas

Os experimentos do processo de torração das amêndoas foram realizados em estufa com circulação de ar, conforme planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com 2 níveis (-1, +1). Foram feitos 3 pontos centrais (0) e 2 níveis de pontos axiais (-a, +a), resultando em 11 ensaios (Box et al. 1978; Khuri & Cornell, 1987; Barros Neto, 1996). As variáveis independentes foram: temperatura de torração (T_c) e tempo de torração (t_c).

Na Tabela 1, encontram-se as variáveis independentes do planejamento experimental em seus diferentes níveis.

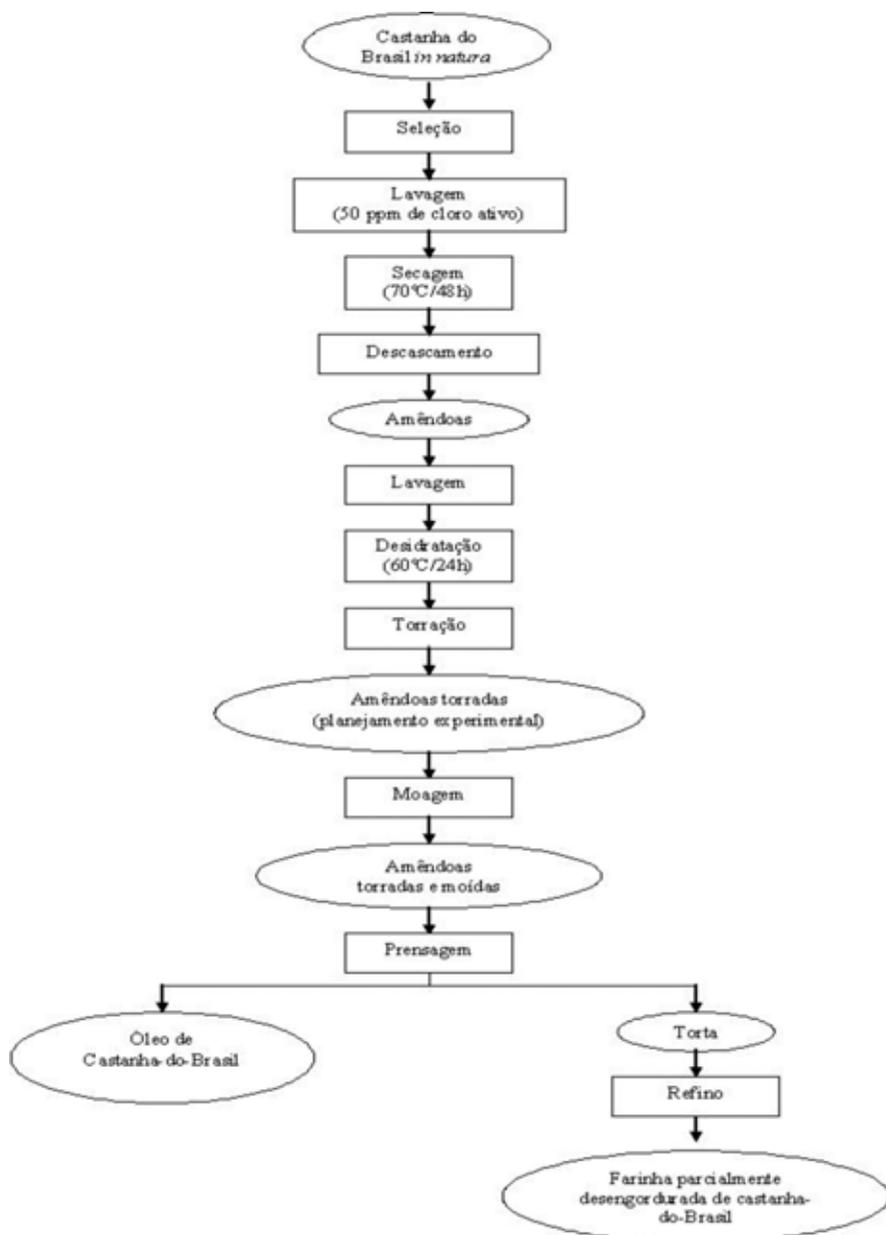


Fig. 1. Fluxograma do processamento da castanha-do-brasil *in natura*, para a obtenção de farinha parcialmente desengordurada.

Tabela 1. Variáveis independentes do planejamento experimental em seus diferentes níveis para a torração das amêndoas.

Variáveis Independentes	Símbolo	Níveis				
		- (-1,41)	-1	0	+1	+ (+1,41)
Temperatura de torração (°C)	T_t	102	110	130	150	158
Tempo de torração (min)	t_t	14	20	35	50	56

De acordo com as variáveis independentes e os níveis descritos foram definidos os 11 experimentos a serem realizados conforme o planejamento apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Planejamento experimental para a torração das amêndoas.

Experimentos	Níveis codificados		Níveis decodificados	
	Temperatura de torração T_t (°C)	Tempo de torração t_t (min)	Temperatura de torração T_t (°C)	Tempo de torração T_t (min)
1	-1	-1	110	20
2	+1	-1	150	20
3	-1	+1	110	50
4	+1	+1	150	50
5	0	0	130	35
6	0	0	130	35
7	0	0	130	35
8	-	0	102	35
9	+	0	158	35
10	0	-	130	14
11	0	+	130	56

Após a torração das amêndoas, estas foram moídas e prensadas para a obtenção da torta. Esta última foi refinada, produzindo-se a farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil (FPDCB), cuja aceitabilidade e atributos (cor, aroma, sabor de castanha e sabor torrado) foram utilizados como variáveis dependentes.

A análise sensorial, para a avaliação do processo de torração das amêndoas, foi realizada na FPDCB, por ser esta o produto de interesse, uma vez que o objetivo da torração das amêndoas foi para o desenvolvimento de sabor para a produção de farinha de castanha com melhores qualidades sensoriais.

A análise dos resultados foi feita por meio da Metodologia de Superfície de Resposta. Para se compor os modelos ajustados com suas respectivas superfícies, foram considerados os parâmetros estatisticamente significativos a $p \leq 0,25$. A validade dos modelos foi avaliada pelos seus respectivos coeficientes de determinação e da análise da regressão e da falta de ajuste, realizadas pela análise de variância.

Análise sensorial das farinhas parcialmente desengorduradas de castanha-do-brasil provenientes dos experimentos de torração das amêndoas

Os testes sensoriais afetivos foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE, com 30 consumidores de castanhas, em cabines individuais, sob condições de temperatura e iluminação controladas.

As amostras foram servidas em copinhos descartáveis de 50 mL, codificados com números de 3 dígitos, contendo cerca de 5 g da amostra, acompanhados de colherinha para degustação da farinha pura. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada de forma a evitar vícios nos resultados (Macfie et al. 1989)

A aceitabilidade geral das amostras foi avaliada por meio de escala hedônica estruturada de 9 pontos (Peryam & Pilgrim, 1957). Para a realização da análise dos resultados, as categorias da escala foram convertidas em valores numéricos, sendo atribuído o valor 9 para “gostei muitíssimo” e 1 para “desgostei muitíssimo”.

Na mesma ficha foi realizado um diagnóstico de atributos (Meilgaard et al. 1987) com uso de escalas estruturadas de 7 pontos para cor, aroma, sabor de castanha-do-brasil e sabor torrado, cada uma ancorada nos extremos com termos de pouca, nenhuma ou muita intensidade, conforme o caso. As categorias das escalas foram, posteriormente, convertidas em valores numéricos (1 a 7), para realização da análise estatística.

Resultados e Discussão

Rendimento dos processos envolvidos no beneficiamento da castanha-do-brasil *in natura* para a obtenção de farinha parcialmente desengordurada

Na Tabela 3, encontram-se os rendimentos: da castanha-do-brasil após os processos de seleção, lavagem e secagem; da obtenção das amêndoas após descascamento; e das amêndoas após lavagem e secagem.

Tabela 3. Rendimentos dos processos envolvidos na obtenção das amêndoas de castanha-do-brasil.

Amostra	Rendimento por etapas(%)	Rendimento total (%)
Seleção, lavagem, secagem das castanhas-do-brasil	74,39	74,39
Descascamento	44,47	33,08
Lavagem e secagem das amêndoas	98,26	32,51

As castanhas, ao chegarem ao Laboratório, foram imersas em água durante 1 hora para o amolecimento de sujidades aderidas em suas cascas. Durante este processo foram removidos materiais estranhos, tais como pedaços de galhos, pedras, folhas e as castanhas consideradas impróprias para o processamento. Após este tempo de espera, a água foi removida, realizando-se em seguida nova lavagem, desta vez em água corrente para a remoção completa das sujidades. A seguir, as castanhas foram sanitizadas em solução a 50 ppm de cloro ativo, durante 30 minutos. Logo após, foram retiradas e colocadas em estufa com circulação de ar a 70°C durante 48 horas. Os processos de seleção, lavagem e secagem, renderam 74,39% em castanhas apropriadas para o processamento (Tabela 3).

Após o seu descascamento, realizado em descascador manual, observou-se um rendimento no processo de 44,47% em amêndoas com película, sendo seu rendimento total de 33,08%.

Durante o descascamento da castanha ocorre a fragmentação de parte das cascas, e estas se aderem às amêndoas. Para tanto, as amêndoas devem ser lavadas em água corrente para eliminar esses resíduos e, logo após, secas em estufa com circulação de ar. Nesses processos há uma perda de 1,74% em amêndoas, ou

seja, o rendimento para a obtenção de amêndoas lavadas e secas, partindo-se das amêndoas após descascamento, é de 98,26% e seu rendimento total é de 32,51%.

Partindo-se de 1000 g de castanha-do-brasil *in natura*, obtém-se cerca de 325 g de amêndoas lavadas e secas.

Na Tabela 4, observam-se os rendimentos da torração e da moagem das amêndoas, e da obtenção da torta e do óleo de castanha-do-brasil após a prensagem das amêndoas.

Tabela 4. Rendimentos da torração e moagem das amêndoas, e da torta e do óleo de castanha.

Experimentos	Torrção (%)	Moagem (%)	Torta (%)	Óleo (%)
1 (110°C, 20 min)	99,70	99,00	42,78	55,23
2 (150°C, 20 min)	99,53	99,56	43,79	54,65
3 (110°C, 50 min)	99,35	98,55	44,84	52,98
4 (150°C, 50 min)	98,31	99,45	44,49	54,72
5 (130°C, 35 min)	99,20	98,47	46,13	51,89
6 (130°C, 35 min)	99,47	99,44	42,50	51,26
7 (130°C, 35 min)	99,28	99,44	44,36	53,55
8 (102°C, 35 min)	99,58	99,11	43,66	53,76
9 (158°C, 35 min)	98,02	99,45	42,98	55,89
10 (130°C, 14 min)	99,75	98,59	46,33	50,27
11 (130°C, 56 min)	99,33	99,38	48,95	49,27

Os rendimentos provenientes dos experimentos da torração variaram de 98,02% a 99,75% que, em termos de rendimento total, é cerca de 31,86% a 32,10%.

A moagem das amêndoas torradas foi realizada com o objetivo de reduzir o tamanho das partículas, facilitando o processo de extração do óleo durante a sua prensagem. O rendimento deste processo variou de 98,47% a 99,56%. O rendimento em torta foi de 42,50% a 48,95% (rendimento total de 13,67% a

15,71 %) e o de óleo foi de 49,27% a 55,89% (rendimento total de 15,81% a 17,09%).

Em média, partindo-se de 1000 g de castanha-do-brasil in natura, obtém-se cerca de 170 g de óleo e 143 g de torta, ou seja, de farinha parcialmente desengordurada. **Teores de umidade e de lipídeos das amêndoas torradas e da torta de castanha-do-brasil.**

Os teores de umidade e de lipídeos das amêndoas torradas e da torta de castanha-do-brasil encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Teores de umidade e de lipídeos das amêndoas torradas e da torta de castanha-do-brasil.

Experimentos	Amêndoas torradas				Torta de castanha-do-brasil			
	*Umidade (%)		*Lipídeos (%)		*Umidade (%)		*Lipídeos (%)	
1 (110°C, 20 min)	1,72	0,01	68,72	0,16	3,58	0,01	36,69	0,14
2 (150°C, 20 min)	1,19	0,01	69,93	0,16	2,80	0,01	37,31	0,14
3 (110°C, 50 min)	1,57	0,01	69,34	1,48	2,96	0,01	39,91	0,06
4 (150°C, 50 min)	1,02	0,01	64,09	0,72	2,41	0,00	38,32	0,06
5 (130°C, 35 min)	1,54	0,01	68,44	0,35	2,61	0,02	40,73	0,42
6 (130°C, 35 min)	1,26	0,17	69,61	1,58	2,62	0,01	38,94	0,74
7 (130°C, 35 min)	1,27	0,03	71,54	0,33	2,66	0,01	38,05	0,25
8 (102°C, 35 min)	1,17	0,01	69,06	0,36	3,39	0,25	37,26	0,11
9 (158°C, 35 min)	1,13	0,03	68,09	0,32	2,72	0,00	36,50	0,11
10 (130°C, 14 min)	1,72	0,00	72,02	0,07	3,39	0,01	38,46	0,08
11 (130°C, 56 min)	1,07	0,07	68,13	0,04	2,06	0,03	41,46	0,04

*Média de 3 medições.

O teor de umidade das amêndoas torradas variou de 1,02% a 1,72%, enquanto que o da torta de castanha foi de 2,06% a 3,58%. O aumento de umidade nas tortas de castanha é ocasionado pelo processo de obtenção, do qual expõe as amêndoas torradas a umidade do ar durante a moagem e a prensagem. Pode-se observar que as amêndoas torradas com menores teores de umidade são aquelas provenientes dos experimentos com maior tempo de torração (experimentos 4 e 11).

Ao contrário destas, as com maiores teores de umidade são as provenientes dos experimentos com menor tempo de torração (experimentos 1 e 10).

O teor de lipídeos das amêndoas torradas foi de 64,09% a 72,02%. As tortas provenientes da extração de óleo permaneceram com um residual de lipídeos de 36,50% a 41,46%.

Souza & Menezes (2004), obtiveram teor de lipídeos na torta de castanha-do-brasil de 25%. Para tanto, os autores, após a extração do óleo de castanha por prensa hidráulica, submeteram a torta a um aquecimento a 50°C e realizaram uma nova prensagem a 40 t por 10 min.

Efeito do processo de torração das amêndoas na qualidade sensorial da farinha parcialmente desengordurada de castanha.

Aceitação

Na Tabela 6, encontram-se as notas atribuídas pelos avaliadores para a aceitação dos produtos em estudo.

Tabela 6. Notas atribuídas para a aceitação dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Experimentos	Condições de torração		*Aceitação
	Temperatura de torração T _t (°C)	Tempo de torração t _t (min)	
1	110	20	5,4 1,81
2	150	20	6,0 1,38
3	110	50	5,4 1,99
4	150	50	4,6 1,69
5	130	35	5,9 1,83
6	130	35	6,1 1,60
7	130	35	5,9 1,16
8	102	35	5,3 1,93
9	158	35	5,0 1,80
10	130	14	6,0 1,63
11	130	56	6,0 1,74

*Média de 30 provadores.

Escala hedônica estruturada de 9 pontos.

Em uma escala de 0 a 9 pontos, os valores da aceitação variaram de 4,6 a 6,1, os quais correspondem a valores entre “nem gostei e nem desgostei” a “gostei ligeiramente”.

Na Tabela 7, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de torração na aceitação dos produtos.

Tabela 7. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_t) e temperatura (T_t) de torração da aceitação dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	5,967550	0,066666	0,000125	5,967550
t_t (L)	-0,351044	0,081771	0,250208	-0,175522
t_t (Q)	-0,079345	0,097575	0,501528	-0,039673
T_t (L)	-0,156215	0,081771	0,196265	-0,078107
T_t (Q)	-0,934433	0,097575	0,010729	-0,467216
$t_t \times T_t$ (L)	-0,700000	0,115470	0,026148	-0,350000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% ($p \leq 0,25$)

t_t – tempo de torração / T_t – temperatura de torração.

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

Com exceção do efeito do fator tempo (Q), os demais apresentaram-se significativos ($p \leq 0,25$) e todos negativos dentro das faixas que lhe foram estipuladas.

Como o efeito de t_t (L) foi negativo, isto implica que o aumento do tempo de torração proporcionou produtos de menor aceitação, ocorrendo o mesmo com T_t (L), onde com aumento de temperatura, os produtos obtidos apresentaram menores notas de aceitação.

No caso da T_t (Q), por ser um termo quadrático, significa que os extremos da temperatura de torração, ou seja, a menor e a maior temperatura, foram as que proporcionaram produtos com as menores notas de aceitação por parte dos consumidores, tendo sido, portanto, menos apreciados.

Para $t_t \times T_t$ (L), o efeito negativo implica que, na elevação da temperatura de torração, o tempo aplicado no processo tem que ser menor, para que o produto receba maior aceitação.

Eliminando os fatores não significativos, verifica-se, pela análise de variância por meio do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 25%. Na Tabela 8, encontram-se os valores calculados e tabelados de F. **Tabela 8.** Análise de variância do modelo ajustado para a aceitação dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

De acordo com Khuri & Cornell (1987), o coeficiente de determinação (R^2) é uma medida da proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Portanto, quanto mais próximo o R^2 de 1 (100%), melhor o modelo. Neste caso, o coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,8424, indicando que o modelo explicou 84,24% da variação dos dados observados.

Conclui-se que o modelo ajustado para a aceitação dos produtos foi considerado preditivo, pois apresentou quatro fatores de efeitos significativos, regressão significativa, falta de ajuste não significativa e valor de R^2 aceitável para um atributo avaliado por análise sensorial. Segundo Resurrecion (1998), ajustar um modelo por meio de análise sensorial apresenta grandes dificuldades por causa da variabilidade das respostas.

O modelo ajustado para a aceitação dos produtos em estudo pode ser observado na equação:

$$Y = 5,967550 - 0,351044 t_t - 0,156215 T_t - 0,934433 T_t^2 - 0,700000 t_t \times T_t$$

Onde: Y – aceitação

t_t – tempo de torração

T_t – temperatura de torração

De acordo com o modelo ajustado, foi construída a superfície de resposta para a avaliação da aceitação dos produtos em estudo (Fig. 2).

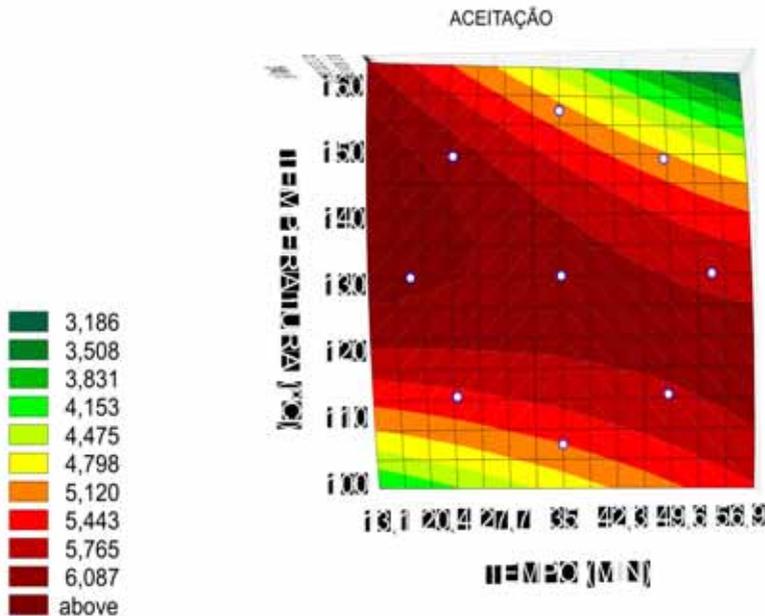


Fig. 2. Superfície de resposta para a aceitação dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Pela superfície de resposta (Fig. 2), observa-se que os experimentos com maiores notas de aceitação são os que se encontram na região do vermelho, que são: 10 (130°C a 14 min), 2 (150°C a 20 min), dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130°C a 35 min), 11 (130°C a 56 min), 3 (110°C a 50 min) e 1 (110°C a 20 min), correspondendo as notas de 5,4 a 6,1 (Tabela 6).

Cor

Na Tabela 9, encontram-se as notas atribuídas pelos avaliadores para o atributo cor dos produtos em estudo. **Tabela 9.** Notas atribuídas para o atributo cor dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Durante a torração há alteração na cor dos produtos, podendo ser de menor ou maior intensidade, conforme as condições aplicadas no processo de torração.

Para o atributo cor, os experimentos com notas mais altas, ou seja, produtos que sofreram maior alteração de cor com o processo de torração e com isso maior intensidade de cor, foram os provenientes dos experimentos 4 (150°C a 50 min) e 9 (158°C a 35 min), que são os que apresentaram maiores temperaturas de torração.

Na Tabela 10, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de torração do atributo cor dos produtos.

Tabela 10. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_t) e temperatura (T_t) de torração do atributo cor dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	2,432755	0,166665	0,004661	2,432755
t_t (L)	0,794614	0,204428	0,060265	0,397307
t_t (Q)	0,191310	0,243936	0,515024	0,095655
T_t (L)	1,283819	0,204428	0,024430	0,641910
T_t (Q)	1,348194	0,243936	0,031213	0,674097
$t_t \times T_t$ (L)	0,950000	0,288675	0,081242	0,475000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

t_t – tempo de torração / T_t – temperatura de torração.

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

Nas condições aplicadas para este processo, somente o fator t_t (Q) não obteve efeito significativo ao nível de 25% de significância, sendo os demais significativos e positivos.

Para t_t (L) o aumento do tempo de torração proporcionou aos produtos maior alteração de cor, o mesmo ocorrendo para T_t (L) e T_t (Q), ou seja, quanto maior a temperatura, maior a alteração de cor nos produtos.

Eliminando-se os fatores não significativos, verifica-se pela análise de variância, por meio do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 25%. Na Tabela 11, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 11. Análise de variância do modelo ajustado para o atributo cor aceitação dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	8,00452	4	2,00113	34,85	1,79
Resíduo	0,34458	6	0,05743		
Falta de ajuste	0,17791	4	0,04448	0,53	3,23
Erro puro	0,16667	2	0,08333		
Total	8,34909	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado.

*Valores tabelados de F a p 0,25.

O modelo para o atributo cor foi considerado preditivo por apresentar quatro fatores de efeitos significativos, regressão significativa, falta de ajuste não significativa, todos a 25% de significância, e valor do coeficiente de determinação (0,9587) aceitável para um atributo avaliado por análise sensorial.

O modelo ajustado para o atributo cor dos produtos em estudo pode ser observado na equação:

$$Y = 2,432755 + 0,794614 t_t + 1,283819 T_t + 1,348194 T_t^2 + 0,950000 t_t \times T_t$$

Onde: Y – aceitação

t_t – tempo de torração

T_t – temperatura de torração

De acordo com o modelo ajustado, foi construída a superfície de resposta para a avaliação do atributo cor dos produtos em estudo (Fig. 3).

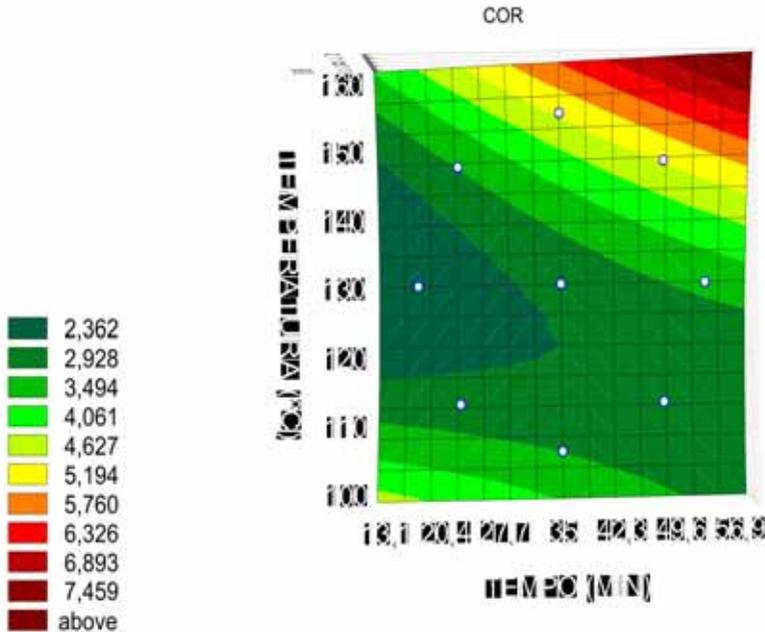


Fig. 3. Superfície de resposta para o atributo cor dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

É desejável que o produto permaneça com sua cor original, para tanto, os produtos que apresentaram menor alteração de cor são os que se encontram na região verde, que são os provenientes dos experimentos: 10 (130°C a 14 min), dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130°C a 35 min), 1 (110°C a 20 min), 3 (110°C a 50 min), 2 (150°C a 20 min), 8 (102°C a 35 min) e 11 (130°C a 56 min), cujas notas para tal atributo foram de 2,1 a 3,0 (Tabela 9).

Aroma

Na Tabela 12, encontram-se as notas atribuídas pelos avaliadores para o atributo aroma dos produtos em estudo.

Tabela 12. Notas atribuídas para o atributo aroma dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Experimentos	Condições de torração		* Aroma
	Temperatura de torração	Tempo de torração	
	T _t (°C)	t _t (min)	
1	110	20	2,9 1,20
2	150	20	3,0 1,10
3	110	50	3,2 1,32
4	150	50	3,8 1,39
5	130	35	2,4 1,10
6	130	35	3,0 1,19
7	130	35	3,2 1,09
8	102	35	2,9 1,37
9	158	35	3,5 1,50
10	130	14	2,9 1,41
11	130	56	3,3 1,18

*Média de 30 provadores.

Escala hedônica estruturada de 7 pontos.

Conforme a Tabela 12, verifica-se que as notas para o atributo aroma variaram de 2,4 a 3,8.

Na Tabela 13, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de torração do atributo cor dos produtos.

Tabela 13. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_t) e temperatura (T_t) de torração do atributo aroma dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Média/interação	2,866376	0,240367	0,006959	2,866376
t _t (L)	0,417241	0,294831	0,292650	0,208621
t _t (Q)	0,271892	0,351810	0,520455	0,135946
T _t (L)	0,387653	0,294831	0,319095	0,193827
T _t (Q)	0,372491	0,351810	0,400680	0,186245
t _t x T _t (L)	0,250000	0,416333	0,609168	0,125000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

tt – tempo de torração / Tt – temperatura de torração.

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

Pela Tabela 13, observa-se que nenhum dos fatores (tempo e temperatura de torração) apresentou efeito significativo no atributo aroma das amostras de farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil. Ou seja, dentro das faixas de tempo e temperatura de torração, estipuladas por planejamento experimental, não houve influência no aroma dos produtos em estudo, tornando o modelo não preditivo.

Sabor de castanha

Na Tabela 14, encontram-se as notas atribuídas pelos avaliadores para o atributo sabor de castanha dos produtos em estudo.

Tabela 14. Notas atribuídas para o atributo sabor de castanha dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Experimentos	Condições de torração		*Sabor de castanha
	Temperatura de torração T _t (°C)	Tempo de torração t _t (min)	
1	110	20	3,3 1,35
2	150	20	3,7 1,40
3	110	50	3,1 1,57
4	150	50	3,4 1,52
5	130	35	3,8 1,30
6	130	35	3,7 1,42
7	130	35	3,7 1,31
8	102	35	3,2 1,47
9	158	35	3,3 1,56
10	130	14	3,5 1,48
11	130	56	3,8 1,46

*Média de 30 provadores.

Escala hedônica estruturada de 7 pontos.

Conforme a Tabela 14, as notas para o atributo sabor de castanha ficaram na faixa de 3,1 a 3,8, não ocorrendo diferenças significativas ($p < 0,25$) nos resultados entre os experimentos.

Na Tabela 15, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de torração do atributo sabor de castanha dos produtos.

Tabela 15. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_t) e temperatura (T_t) de torração do atributo sabor de castanha dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	3,733624	0,033333	0,000080	3,733624
t_t (L)	-0,019307	0,040886	0,683274	-0,009654
t_t (Q)	-0,120995	0,048787	0,131312	-0,060497
T_t (L)	0,210877	0,040886	0,035596	0,105439
T_t (Q)	-0,523389	0,048787	0,008577	-0,061694
$t_t \times T_t$ (L)	-0,250000	0,257735	0,477767	-0,025000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

t_t - tempo de torração / T_t - temperatura de torração.

(L) - termo linear / (Q) - termo quadrático.

Conforme a Tabela 15, verifica-se que t_t (Q), T_t (L) e T_t (Q) apresentaram efeitos significativos. Para t_t (Q), seu efeito foi negativo, logo o prolongamento do tempo de torração proporcionou produto com sabor de castanha menos acentuado.

Para o termo linear da temperatura, o seu coeficiente foi positivo, enquanto que para o termo quadrático foi negativo. Isso indica que, dentro das condições estipuladas para o processo de torração, o sabor de castanha se intensificou com o aumento da temperatura, porém, a continuidade da elevação desta ocasionou redução na intensidade do sabor de castanha dos produtos.

Eliminando os fatores não significativos, verifica-se pela análise de variância, por meio do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 25%. Na Tabela 16, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 16. Análise de variância do modelo ajustado para o atributo sabor de castanha dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	0,47382	3	0,15794	6,65	1,72
Resíduo	0,16618	7	0,02374		
Falta de ajuste	0,15951	5	0,03190	9,57	3,28
Erro puro	0,00667	2	0,00333		
Total	0,64000	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado.

*Valores tabelados de F a p 0,25.

O modelo para o atributo sabor de castanha apresentou capacidade preditiva por apresentar três fatores de efeitos significativos, regressão significativa, falta de ajuste não significativa, todos ao nível de 25% de significância, e valor do coeficiente de regressão (0,7404) aceitável para um atributo avaliado por análise sensorial.

O modelo ajustado para o atributo sabor de castanha dos produtos em estudo pode ser observado na equação:

$$Y = 3,733624 - 0,120995 t_t^2 + 0,210877 T_t - 0,523389 T_t^2$$

Onde: Y – aceitação

t_t – tempo de torração

T_t – temperatura de torração

De acordo com o modelo ajustado, foi construída a superfície de resposta para a avaliação do atributo sabor de castanha dos produtos em estudo (Fig. 4).

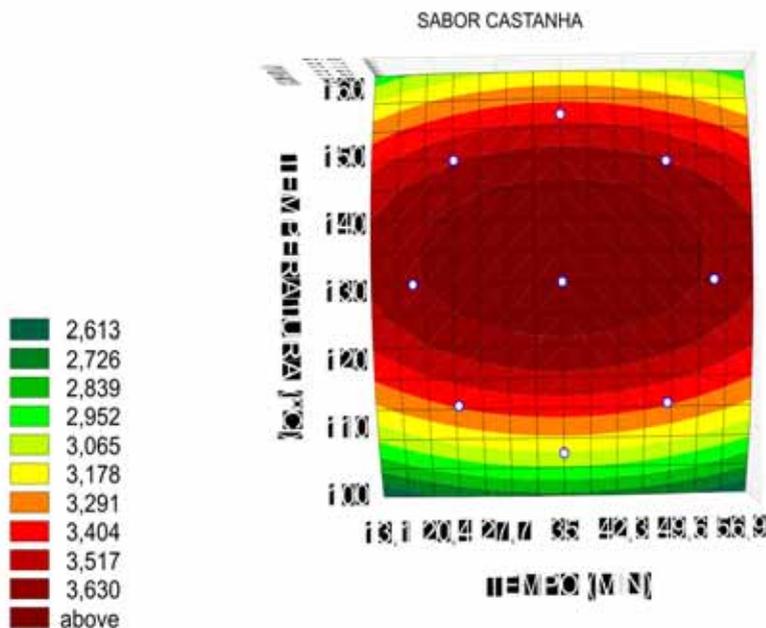


Fig. 4. Superfície de resposta para o atributo sabor de castanha dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Os produtos com maior intensidade de sabor de castanha são os provenientes dos experimentos dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130°C a 35 min), seguidos dos experimentos 10 (130°C a 14 min), 11 (130°C a 56 min), 4 (150°C e 50 min) e 2 (150°C a 20 min).

Sabor torrado

Na Tabela 17, encontram-se as notas atribuídas pelos avaliadores para o atributo sabor torrado dos produtos em estudo. **Tabela 17.** Notas atribuídas pelos avaliadores para o atributo sabor torrado dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Verifica-se na Tabela 17, que os produtos com maior intensidade de sabor torrado são os provenientes dos experimentos 4 (150°C a 50 min) e 9 (158°C a 35 min), que apresentam as maiores temperatura de torração. Embora o experimento 2 (150°C a 20 min) apresente a mesma temperatura de torração do experimento 4 (150°C a 50 min), seu tempo significativamente menor pode ter contribuído para que o mesmo não tenha desenvolvido sabor torrado intenso.

Na Tabela 18, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de torração do atributo sabor torrado dos produtos.

Tabela 18. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_t) e temperatura (T_t) de torração do atributo sabor torrado dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	2,500410	0,152751	0,003711	2,500410
t_t (L)	0,673754	0,187362	0,69380	0,336877
t_t (Q)	-0,002142	0,223571	0,993226	-0,001071
T_t (L)	1,304381	0,187362	0,020015	0,652190
T_t (Q)	1,054143	0,223571	0,042157	0,527072
$t_t \times T_t$ (L)	0,950000	0,264575	0,069566	0,475000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p. 0,25).

t_t – tempo de torração / T_t – temperatura de torração.

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

Para o atributo sabor torrado, dentro das condições estipuladas para o processo de torração, t_t (L), T_t (L), T_t (Q) e $t_t \times T_t$ (L) apresentaram efeitos significativos e positivos. Isto indica que o aumento do tempo e da temperatura de torração proporcionou aos produtos sabor torrado, o que não é desejável, uma vez que o objetivo da torração das amêndoas é intensificar o sabor de castanha para a produção de farinha de castanha parcialmente desengordurada.

Eliminando os fatores não significativos, verifica-se pela análise de variância, por meio do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 25%. Na Tabela 19, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Tabela 19. Análise de variância do modelo ajustado para o atributo torrado de castanha dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	6,90297	4	1,72574	29,30	1,79
Resíduo	0,35340	6	0,05890		
Falta de ajuste	0,21340	4	0,05335	0,76	3,23
Erro puro	0,14000	2	0,07000		
Total	7,25636	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 25% (p 0,25).

SQ - soma quadrática / GL - graus de liberdade / MQ - média quadrática.

Fcal - F calculado / Ftab - F tabelado.

*Valores tabelados de F a p 0,25.

Verifica-se na Tabela 19, que o modelo para o atributo sabor torrado possui capacidade preditiva por apresentar quatro fatores de efeitos significativos, regressão significativa, falta de ajuste não significativa a 25% de significância, e valor do coeficiente de regressão (0,9513) aceitável para um atributo avaliado por análise sensorial.

O modelo ajustado para o atributo sabor torrado dos produtos em estudo pode ser observado na equação:

$$Y = 2,500410 + 0,187362 t_t + 1,30438 T_t + 1,054143 T_t^2 + 0,950000 t_t \times T_t$$

De acordo com o modelo ajustado, foi construída a superfície de resposta para a avaliação do atributo sabor torrado dos produtos em estudo (Fig. 5).

Pela Fig. 5, observa-se que os produtos com menor intensidade de sabor torrado são os que se encontram na região verde, que são os provenientes dos experimentos: 10 (150°C a 50 min), 3 (110°C a 50 min), seguidos dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130°C a 35 min), 1 (110°C a 20 min), 8 (102°C a 35 min), 2 (150°C a 20 min) e 11 (130°C a 56 min). **Conclusões**

Somente o modelo do atributo aroma não apresenta capacidade preditiva, dentro das condições de tempo e temperatura de torração aplicados neste estudo. Os demais modelos são preditivos (aceitação, cor, sabor de castanha e sabor torrado).

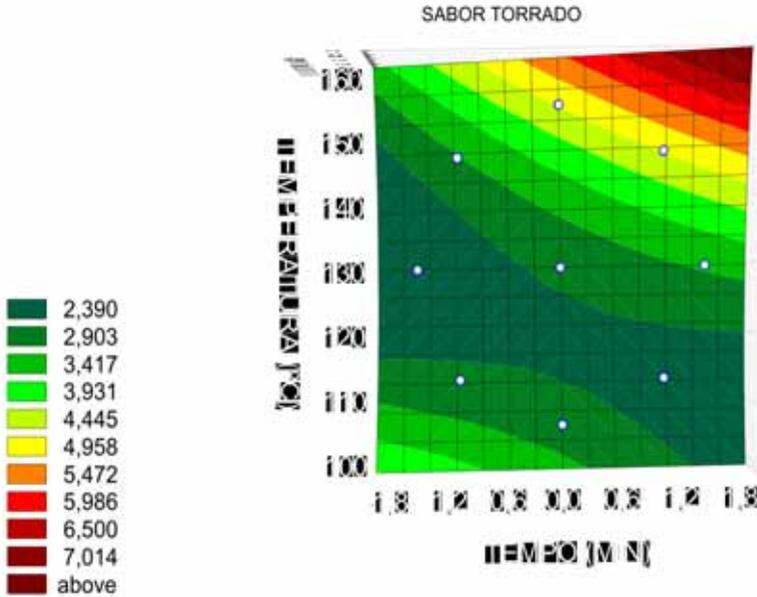


Fig. 5. Superfície de resposta para o atributo sabor torrado dos produtos em estudo (farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil).

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que quando as amêndoas de castanha-do-brasil são submetidas ao processo de torração, nas faixas de tempo e temperatura de torração adotadas neste estudo, as farinhas parcialmente desengorduradas produzidas por estas amêndoas, que se destacaram por apresentarem menor alteração de cor; maior intensidade do sabor de castanha e menor intensidade do sabor torrado, conseqüentemente, maior aceitação por parte dos consumidores, são as provenientes dos experimentos dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130° a 35 min), e do experimentos 10 (130°C a 14 min).

Conclusões

Somente o modelo do atributo aroma não apresenta capacidade preditiva, dentro das condições de tempo e temperatura de torração aplicados neste estudo. Os demais modelos são preditivos (aceitação, cor, sabor de castanha e sabor torrado).

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que quando as amêndoas de castanha-do-brasil são submetidas ao processo de torração, nas faixas de tempo e temperatura de torração adotadas neste estudo, as farinhas parcialmente desengorduradas produzidas por estas amêndoas, que se destacaram por apresentarem menor alteração de cor; maior intensidade do sabor de castanha e menor intensidade do sabor torrado, conseqüentemente, maior aceitação por parte dos consumidores, são as provenientes dos experimentos dos pontos centrais 5, 6 e 7 (130° a 35 min), e do experimentos 10 (130°C a 14 min).

Referências Bibliográficas

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1996.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistic for experimenters: an introduction to design, data and model building**. New York: J. Wiley, 1978.

GLÓRIA, M. M. ; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 240-245, maio/ago. 2000.

KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. **Response surface – designs and analyses**. New York: Marcel Dekker, 1987.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, p.129-148, 1989.

MEILGAARD, M. R.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca raton: CRC Press, 1987, v.2. 159p.

NERY, J. P. Castanha-do-Pará. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.20, p. 13-25, 1969.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, v.11, n. 9, p. 9-14, 1957.

RESURRECION, A. V. A. **Consumer sensory testing for product development**. Gaithersburg: Chapman & Hall : Aspen, 1998.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 120-128, jan./mar. 2004.

SRUR, A. U. O. S. **Processamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.)**. 1976. 59f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de CampinasCampinas,SP.



Amazônia Oriental

CGPE 5777

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

