



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ANA LÍDIA MARTINS MAGALHÃES

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXTRUDADO TIPO *SNACK* COM ADIÇÃO
DE FARINHA DE BERINJELA: ESTUDO TECNOLÓGICO E SENSORIAL**

FORTALEZA

2019

ANA LÍDIA MARTINS MAGALHÃES

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXTRUDADO TIPO *SNACK* COM ADIÇÃO DE
FARINHA DE BERINJELA: ESTUDO TECNOLÓGICO E SENSORIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Passos Rodrigues.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Cristina da Silva Morais.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M164d Magalhães, Ana Lídia Martins.

Desenvolvimento de produto extrudado tipo snack com adição de farinha de berinjela : estudo tecnológico e sensorial / Ana Lídia Martins Magalhães. – 2019.
102 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Maria do Carmo Passos Rodrigues.

Coorientação: Profa. Dra. Ana Cristina da Silva Morais.

1. Snack. 2. Extrusão termoplástica. 3. Farinha de berinjela. 4. Fibra alimentar. I. Título.

CDD 664

ANA LÍDIA MARTINS MAGALHÃES

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXTRUDADO TIPO *SNACK* COM ADIÇÃO DE
FARINHA DE BERINJELA: ESTUDO TECNOLÓGICO E SENSORIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Passos Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Ana Cristina da Silva Moraes (Coorientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof^a. Dr^a. Sílvia Maria de Freitas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Dorasilvia Ferreira Pontes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Tatiana de Oliveira Lemos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por todas as bênçãos e misericórdias derramadas em minha vida. Além disso, por todas as vitórias alcançadas e por sempre me mostrar o caminho que devo trilhar.

Aos meus pais, Claudio e Zoélia, pelo amor, compreensão, conselhos e lutas compartilhadas. Muito obrigada a vocês que, sempre me incentivaram a seguir meus sonhos, a nunca desistir e sempre ter fé em Deus. Vocês são a minha base e meu eterno porto seguro.

Aos meus irmãos Thamires e Claudio Filho, por todo amor e carinho, sempre me alegrando e dando forças para prosseguir.

Ao meu esposo e companheiro Bruno, pelo apoio, por todas as batalhas enfrentadas juntos e por sempre impulsionar meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus avós Raimundo e Edite, Cassiano e Francina (*in memoriam*), por todo carinho e amor, que me acompanham por onde eu for.

Aos meus sogros Wallace e Inês por todo carinho e pelas orações constantes.

À Universidade Federal do Ceará, por me fornecer formação acadêmica na Graduação e no Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À minha orientadora, Profa. Maria do Carmo Passos Rodrigues, pelos conselhos valiosos, amizade, apoio e orientação constante.

À minha coorientadora, Profa. Ana Cristina da Silva Moraes, por sempre estar disposta à ajudar e pelas sugestões e correções que enriqueceram esta pesquisa.

À Profa. Silvia Maria de Freitas, do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada, por toda a gentileza, disponibilidade e por toda ajuda nas análises dos dados desde o início do projeto.

À Profa. Tatiana de Oliveira Lemos, por sua amizade, sempre à disposição para ajudar, obrigada por suas valiosas contribuições.

À Profa. Dorasilvia Ferreira Ponte, por sua disponibilidade em participar da banca, por todas as observações enriquecedoras.

À empresa Ervalima Alimentos Ltda., Maracanaú-Ce, em especial, ao Cantídio Fernandes Neto e Rogério Fernandes, por disponibilizarem a empresa em prol desta pesquisa. Foi um enorme prazer trabalhar com vocês.

Ao Wanderson Barros e à Suzy Hilário por serem tão maravilhosos, por toda ajuda na fábrica, sempre dispostos a ajudar com um sorriso no rosto.

Às minhas amigas e irmãs Nádyá Peixoto e Marina Lisboa, pela amizade sincera, por todos os conselhos e por todos os momentos compartilhados, minha gratidão vai além dessas palavras, vocês são preciosas na minha vida.

À Raquel Araújo pelo apoio na execução das análises, mas principalmente pela amizade, pelas batalhas e risos compartilhados.

Aos amigos do Laboratório de Análise Sensorial Andressa, Jacqueline, Julynara, Luan e Micheline, pelo convívio e aprendizado, sempre dispostos à ajudar. Em especial à Andressa, meu “braço direito”, obrigada por todo o empenho e dedicação durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Às amigas de turma e pós-graduação Theresa, Leina, Williara, Carol, Tayla, Carlota, Fernanda, Kamila, obrigada pela amizade, por todo carinho, cada uma é especial nessa trajetória.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Alimentos Paulo e Júnior pelo auxílio em vários momentos.

Por fim, a todos que contribuíram para a execução e conclusão deste trabalho, para a realização desta conquista.

“Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for”

Josué 1:9.

RESUMO

Os *snacks* extrudados apresentam-se como produtos versáteis que se destacam por sua praticidade, contudo não oferecem um apelo nutricional. Com o objetivo de enriquecer os *snacks* com fibra alimentar foram desenvolvidas e avaliadas formulações de *snacks* extrudados a partir da mistura de fubá de milho e farinha de berinjela, analisando suas características físicas, tecnológicas, sensoriais e a composição química do produto. As formulações avaliadas tiveram a incorporação de até 20% de farinha de berinjela e umidade inicial da matéria-prima de 14 a 18%. Os *snacks* foram produzidos em extrusora dupla rosca, em escala industrial. Os parâmetros da extrusão foram mantidos fixos, empregando-se três zonas de extrusão com temperaturas de 100, 180 e 180 °C; velocidade do parafuso de 153 rpm; velocidade de alimentação de 170 kg/h; e matriz circular de 3,5 mm de diâmetro. Para verificar quais variáveis influenciariam nas propriedades dos *snacks*, foi realizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) cujas variáveis independentes foram teor de farinha de berinjela e umidade inicial das matérias-primas. As variáveis dependentes avaliadas foram: índice de expansão radial (IER); densidade aparente (DA); índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA). Os resultados foram analisados por metodologia de superfície de resposta. Avaliando as características físicas e tecnológicas, os *snacks* apresentaram elevado índice de expansão e baixa densidade aparente, aspectos importantes para este tipo de produto. Através dos resultados das variáveis dependentes e da avaliação da aceitação sensorial quatro formulações foram selecionadas e caracterizadas quanto a composição físico-química e avaliados com teste sensorial de intensidades associado ao CATA (*check-all-that-apply*). Os tratamentos escolhidos e avaliados apresentaram, principalmente, um alto teor de fibra alimentar e lipídios, sendo classificados como alimentos com alto conteúdo de fibras, de acordo com a legislação brasileira vigente. Na análise sensorial as formulações selecionadas receberam notas médias de 5,8 a 6,6 para o atributo de impressão global, na escala hedônica de 9 pontos, localizando-se na categoria “indiferente” a “gostei moderadamente” e alcançando uma intenção de compra positiva de 58%, sendo o *snack* de maior aceitação o processado com 11,5% de farinha de berinjela e 17% de umidade inicial das matérias-primas. Desse modo, o *snack* desenvolvido com incorporação de farinha de berinjela apresenta potencial para comercialização por apresentar aceitação e intenção de compra satisfatórios, além de ter alto conteúdo de fibras.

Palavras-chave: *Snack*. Extrusão termoplástica. Farinha de berinjela. Fibra alimentar.

ABSTRACT

The extruded snacks present themselves as versatile products that stand out for their practicality, however do not offer a nutritional appeal. The purpose of this study was to develop and evaluate formulations of extruded snacks from a mixture of cornmeal and eggplant flour, analyzing the physical and technological characteristics and the centesimal composition of the product. The evaluated formulations had the incorporation of up to 20% of eggplant flour and initial moisture of the raw material of 14 to 18%. The snack was produced in a twin screw extruder, on an industrial scale. The extrusion parameters were kept fixed, employing three extrusion zones with temperatures of 100, 180 and 180 °c; Screw speed of 153 rpm; Feed rate of 170 kg/h; and circular matrix of 3.5 mm in diameter. To check which parameters influence the properties of snacks expanded, there was a central composite rotational design (DCCR) whose independent variables content of eggplant and initial moisture mixing. The dependent variables evaluated were: the radial expansion index (IER), the apparent density (DA), water solubility index (ISA) and water absorption index (IAA). The results were analyzed by response surface methodology. Evaluating the physical and technological characteristics, the snacks presented high radial expansion index and low apparent density, important aspects for this type of product. Through the results of the dependent variables and the evaluation of the sensorial acceptance four formulations were selected and characterized as physical-chemical composition and evaluated with sensorial intensity test associated with check-all-that-apply (CATA). The treatments chosen and evaluated presented a high content of dietary fiber and lipids, being classified as food with high fiber content, according to the Brazilian current legislation. In the sensory analysis the formulations chosen received average grade from 5.8 to 6.6 for the overall impression attribute, in the hedonic scale of 9 points, being located in the category “indifferent” to “moderately liked” and reaching a positive purchase intention of 58%, being the most accepted snack the processed with 11.5% of eggplant flour and 17% of initial moisture of the raw materials. Based on these results, the snack developed with the incorporation of eggplant flour presents potential for commercialization because it presents satisfactory acceptance and buy intention, in addition to having high fiber content.

Keywords: Snacks. Thermoplastic extrusion. Eggplant flour. Dietary fiber.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produtos obtidos do milho	20
Figura 2 – Principais variedades de berinjela comercializadas	21
Figura 3 – Principais partes de um extrusor	25
Figura 4 – Desenho esquemático das zonas do parafuso de um extrusor	26
Figura 5 – Fluxograma do processo de extrusão para produção dos <i>snacks</i> de milho enriquecido com farinha de berinjela.....	35
Figura 6 – Embalagem utilizada para acondicionar os <i>snacks</i>	36
Figura 7 – Linha de processamento de extrusão	37
Figura 8 – Farinha de berinjela (A) e Fubá de milho (B)	45
Figura 9 – Superfície de resposta para o índice de expansão (IER)	48
Figura 10 – Superfície de resposta para a densidade aparente (DA)	51
Figura 11 – Superfície de resposta para o índice de solubilidade em água (ISA)	56
Figura 12 – Superfície de resposta para o índice de absorção de água (IAA)	58
Figura 13 – Superfície de resposta para a textura instrumental	61
Figura 14 – Formulações de <i>snacks</i> selecionadas	73
Figura 15 – Posicionamento dos termos sensoriais utilizados no CATA	78
Figura 16 – Posicionamento dos termos sensoriais consensuais utilizados no CATA	79
Figura 17 – Posicionamento das formulações de <i>snacks</i>	80
Figura 18 – Análise de correspondência das respostas do questionário CATA	83
Figura 19 – Análise de correspondência das respostas do questionário CATA com as formulações plotadas dentro do espaço sensorial.....	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos julgadores com relação ao grau de gostar de <i>snacks</i> de milho na avaliação da aceitação sensorial e seleção dos <i>snacks</i> (n=144)	68
Gráfico 2 – Distribuição dos julgadores com relação à frequência de consumo de <i>snacks</i> de milho na avaliação da aceitação sensorial e seleção dos <i>snacks</i> (n=144)	68
Gráfico 3 – Distribuição dos julgadores com relação ao grau de gostar de <i>snacks</i> de milho na avaliação das intensidades dos atributos associados ao CATA (n=120)	74
Gráfico 4 – Distribuição dos julgadores com relação à frequência de consumo de <i>snacks</i> de milho na avaliação das intensidades dos atributos associados ao CATA (n=120)	75
Gráfico 5 – Resultados do teste de atitude de compra dos <i>snacks</i> (n=120)	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fibras: tipos, fontes e ações esperadas no organismo	23
Tabela 2 – Variáveis do processo de extrusão e níveis de variação	31
Tabela 3 – Matriz do planejamento experimental com os valores reais e codificados das variáveis independentes	32
Tabela 4 – Granulometria das matérias-primas para obtenção dos <i>snacks</i>	43
Tabela 5 – Parâmetros de cor das matérias-primas	44
Tabela 6 – Resultados obtidos das variáveis respostas avaliadas pelo delineamento composto central rotacional	46
Tabela 7 – Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de expansão radial dos extrudados	47
Tabela 8 – Resultados obtidos do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar o IER, ao nível de significância de 5%	49
Tabela 9 – Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para a densidade aparente dos extrudados	50
Tabela 10 – Resultados obtidos do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar a DA, ao nível de significância de 5%	52
Tabela 11 – Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de solubilidade em água dos extrudados	53
Tabela 12 – Resultados obtidos do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar o ISA, ao nível de significância de 5%	55
Tabela 13 – Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de absorção em água dos extrudados	57
Tabela 14 – Resultados obtidos do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar a IAA, ao nível de significância de 5%	59
Tabela 15 – Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para a textura instrumental dos extrudados	60

Tabela 16 – Resultados obtidos do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar a textura instrumental, ao nível de significância de 5%	62
Tabela 17 – Parâmetros de cor instrumental das formulações de <i>snacks</i>	63
Tabela 18 – Resultados das análises microbiológicas realizadas nos <i>snacks</i> desenvolvidos	65
Tabela 19 – Perfil sóciodemográfico dos participantes do grupo de foco (n=28)	66
Tabela 20 – Perfil sóciodemográfico dos participantes da avaliação da aceitação sensorial (n=144)	67
Tabela 21 – Análise de variância para o atributo crocância dos <i>snacks</i>	69
Tabela 22 – Análise do teste Bartlett e Shapiro-Wilk para o atributo crocância dos <i>snacks</i>	69
Tabela 23 – Análise do teste Kruskal Wallis para o atributo crocância dos <i>snacks</i>	70
Tabela 24 – Análise de variância para a impressão global dos <i>snacks</i>	70
Tabela 25 – Análise do teste Bartlett e Shapiro-Wilk para a impressão global dos <i>snacks</i>	71
Tabela 26 – Análise do teste Kruskal Wallis para a impressão global dos <i>snacks</i>	71
Tabela 27 – Formulações de <i>snacks</i> expandidos a base de farinha de berinjela selecionados	72
Tabela 28 – Perfil sóciodemográfico dos participantes da avaliação da aceitação sensorial	74
Tabela 29 – Resultados da avaliação sensorial realizada com os <i>snacks</i> selecionados ...	75
Tabela 30 – Estatísticas Q, valor p e probabilidades estimadas para o teste de Cochran .	81
Tabela 31 – Teste de Wilcoxon para os termos de consenso que apresentaram diferença significativa a 5%	82
Tabela 32 – Composição centesimal dos <i>snacks</i> extrudados selecionados	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Milho	19
2.2	Berinjela	20
2.3	Fibra Alimentar	22
2.4	Extrusão termoplástica	24
2.4.1	<i>Fatores que interferem na qualidade dos produtos extrudados</i>	26
2.4.1.1	<i>Propriedades reológicas da matéria-prima</i>	26
2.4.1.2	<i>Condições de operação</i>	27
2.5	Análise sensorial	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Materiais	30
3.2	Métodos	30
3.2.1	Caracterização das matérias-primas	30
3.2.1.1	<i>Granulometria</i>	30
3.2.1.2	<i>Cor instrumental</i>	31
3.2.2	Delineamento experimental	31
3.2.2.1	<i>Índice de expansão dos extrudados (IER)</i>	32
3.2.2.2	<i>Densidade aparente</i>	33
3.2.2.3	<i>Índice de solubilidade em água (ISA) e Índice de absorção de água (IAA)</i>	33
3.2.3	Produção dos snacks extrudados	34
3.2.4	Caracterização tecnológica dos snacks expandidos	37
3.2.4.1	<i>Textura instrumental</i>	37
3.2.4.2	<i>Cor instrumental</i>	37

3.2.5	<i>Análise microbiológica</i>	38
3.2.6	<i>Análise sensorial</i>	38
3.2.6.1	<i>Grupo de foco</i>	38
3.2.6.2	<i>Avaliação da aceitação sensorial e seleção dos snacks</i>	38
3.2.6.3	<i>Avaliação sensorial dos snacks selecionados</i>	39
3.2.7	<i>Caracterização físico-química</i>	40
3.2.7.1	<i>Umidade</i>	40
3.2.7.2	<i>Cinzas</i>	40
3.2.7.3	<i>Proteínas totais</i>	40
3.2.7.4	<i>Lipídios totais</i>	41
3.2.7.5	<i>Carboidratos</i>	41
3.2.7.6	<i>Fibra alimentar</i>	41
3.2.8	<i>Análise estatística</i>	41
3.3	Aspectos éticos	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Caracterização das matérias-prima	43
4.1.1	<i>Granulometria</i>	43
4.1.2	<i>Cor instrumental</i>	44
4.2	Delineamento experimental	45
4.2.1	<i>Índice de expansão radial (IER)</i>	46
4.2.2	<i>Densidade aparente (DA)</i>	50
4.2.3	<i>Índice de solubilidade em água (ISA)</i>	52
4.2.4	<i>Índice de absorção de água (IAA)</i>	56
4.3	Caracterização tecnológica dos snacks expandidos	60
4.3.1	<i>Textura instrumental</i>	60
4.3.2	<i>Cor instrumental</i>	63

4.4	Análises microbiológicas dos <i>snacks</i>	64
4.5	Avaliação sensorial.....	65
4.5.1	<i>Grupo de foco</i>	65
4.5.2	<i>Avaliação da aceitação sensorial e seleção dos snacks</i>	67
4.5.3	<i>Análise sensorial dos snacks selecionados</i>	73
4.6	Caracterização físico-química	84
5	CONCLUSÕES	87
	REFERÊNCIAS	88
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – GRUPO DE FOCO	98
	APÊNDICE B - ROTEIRO DE PERGUNTAS DO GRUPO DE FOCO	99
	APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – ANÁLISE SENSORIAL ACEITAÇÃO	100