

Ressalva

Atendendo a solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado a partir
de 22/12/2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

MÁRCIA ÂNGELA NORI

**EFEITO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
SOBRE A QUALIDADE DO BEIJU**

São José do Rio Preto

2019

MARCIA ÂNGELA NORI

**EFEITO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
SOBRE A QUALIDADE DO BEIJU**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Roger Darros-Barbosa

São José do Rio Preto

2019

N841e Nori, Márcia Ângela
Efeito das variáveis do processo de fabricação sobre a qualidade do
beiju / Márcia Ângela Nori. -- São José do Rio Preto, 2019
168 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto
Orientador: Roger Darros Barbosa

1. Beiju. 2. Textura. 3. Crocância. 4. Otimização de Processos. 5.
Preferências do Consumidor. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MARCIA ÂNGELA NORI

**EFEITO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
SOBRE A QUALIDADE DO BEIJU**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roger Darros-Barbosa
UNESP – Campus São José do Rio Preto
Orientador

Profa. Dra Maria Aparecida Mauro
UNESP – Campus São José do Rio Preto

Profa. Dra. Vânia Regina Nicoletti
UNESP – Campus São José do Rio Preto

Profa. Dra Kivia Mislaine Albano
UFSCAR – Campus Lagoa do Sino

Profa. Dra. Wânia Silveira da Rocha
UEFS – Feira de Santana

São José do Rio Preto

20 de dezembro de 2019

Dedico este trabalho à D. Flor (*in memorian*), parceira e empreendedora nata, que me incentivou a pesquisar a riqueza dos produtos regionais da Bahia.

Dedico aos meus pais que estão sempre presentes em minha vida, ainda que distantes e aos meus queridos sobrinhos e afilhados, motivos de minha persistência.

AGRADECIMENTOS

Nos últimos anos, muitas pessoas passaram a fazer parte da minha vida, ajudando-me no desenvolvimento desta tese. Deixo aqui, uma palavra de agradecimento:

À Deus, por todos os dias de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roger Darros Barbosa, por todo conhecimento compartilhado e por se colocar disponível em todos os momentos, sempre com muita paciência e respeito.

À Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto por disponibilizar toda infraestrutura necessária para realização desta pesquisa.

À Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, por também disponibilizar sua infraestrutura para realização de muitos ensaios e análise.

À FAPESB – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia e FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, que financiaram os projetos iniciais sobre beiju.

Aos meus colegas de trabalho na UEFS pelo apoio durante o período de capacitação.

Aos meus alunos, Igina Carvalho da Silva, Malaine Magalhaes Ferreira e Sandro Dias Reis, por todo auxílio e dedicação a este projeto.

Às amigas Wânia Rocha, Soraia Jardimetti e Silvia Ameida por colaborarem na execução de etapas importantes da pesquisa em laboratório.

Ao amigo Prof. Alfredo Vitali pelo incentivo e orientações para a continuidade de pesquisas relacionadas ao beiju.

Às empresas TL Bergamini e Forluz pelas contribuições na execução do equipamento desenvolvido para esta pesquisa.

Aos integrantes da comissão examinadora de minha qualificação e defesa, Prof. Roger Darros Barbosa, Profa. Vânia Regina Nicoletti, Profa. Maria Aparecida Mauro, Profa. Kivia Mislaine Albano e Profa. Wânia Silveira da Rocha, pelas observações e contribuições.

Aos suplentes da comissão, Profa. Ana Carolina Conti e Silva, Profa. Sílvia Maria Almeida de Souza e Prof. Ernesto Acosta Martínez por aceitarem o convite.

À toda minha família, especialmente, aos meus pais Agnaldo e Shirley, aos meus irmãos Mara e Marco, aos cunhados Patrícia e Marcelo e aos sobrinhos Gabriel e Nicolas por todo apoio, incentivo e compreensão pela minha ausência.

Aos meus colegas do SENGE-BA e FISENGE por compreenderem a minha ausência e me apoiarem durante o período de capacitação.

Aos meus amigos, e em especial ao Ubiratan Félix, que me apoiaram e entenderam a minha ausência neste período.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta Tese de Doutorado, o meu muito obrigado!

RESUMO

O beiju, produto de cultura indígena milenar, é obtido a partir do aquecimento da fécula de mandioca salgada e hidratada, com cerca de 40 a 45% de umidade, para a formação de um gel rígido e opaco, com baixa umidade (máx. 10%). As características de textura crocante, de cor branca e opaca e de sabor neutro levemente salgado, posicionam o beiju como concorrente de biscoitos crocantes. A pesquisa sobre hábitos de consumo mostrou preferência de compra associada aos atributos sensoriais de sabor, cor e crocância. O produto ofertado ao mercado do Nordeste é de baixa qualidade devido ao processo artesanal e instabilidade da textura. Esta pesquisa investigou os parâmetros do processo que influenciam na qualidade do beiju, entre os quais a razão fécula/água na hidratação, temperatura e tempo de exposição ao calor no processo térmico, para o qual foi desenvolvido um equipamento de bancada específico. A caracterização dos beijus comerciais em termos dos atributos sensoriais e de análises instrumentais de textura e cor, juntamente com informações de produtores artesanais de beiju, auxiliaram na determinação das condições para o processamento do beiju em laboratório. Adicionalmente, foram realizados estudos de estabilidade do beiju durante a estocagem com base nas características de textura e equilíbrio higroscópico. O beiju obtido em todas as condições investigadas apresentou parâmetros de textura instrumental com valores que permitem caracterizá-lo como um produto crocante e moderado grau de dureza. As principais respostas para a caracterização da crocância foram atribuídas ao número de picos, crocância sensorial e atividade de água, as quais conjuntamente permitiram concluir as melhores condições de processo com tempo de exposição na faixa entre 8,19 e 9,0 minutos, temperaturas entre 238 e 248°C, e razão fécula/água entre 0,40 e 0,60. Nessas condições são obtidos beijus com atividade de água satisfatória, abaixo de 0,3, e os maiores índices de brancura, segundo atributo mais apreciado pelo consumidor. Os resultados obtidos revelaram uma menor influência do sal quando em concentração de 1% sobre o número de picos (relacionado a crocância) e gradiente (relacionada a dureza) após 7 dias de estocagem a 30°C em umidade relativa variando entre 32 a 76%. As isoterms de adsorção entre 20 e 40°C foram bem ajustadas pelo modelo GAB, apresentando perfil sigmoidal do tipo II.

Palavras chave: Beiju, Textura, Crocância, Otimização de Processo, Preferências do Consumidor

ABSTRACT

Beiju, a product of ancient indigenous culture, is obtained by heating the salted and hydrated cassava starch, with 40 to 45% moisture, to form a rigid and opaque gel, with low moisture (maximum 10 %). The characteristics of crispy texture, white and opaque and with a slightly salty neutral flavor, make beiju as a competitor for crispy crackers or snacks. A survey on consumption habits showed the purchase preference associated with the sensory attributes of flavor, color and crispness. The product offered to the market is of low quality due to the artisanal process and texture instability. This research investigated the process parameters that may influence the quality of beiju, among which the starch/water ratio in hydration, temperature and time of exposure to heat in the thermal process, for which a specific bench equipment was developed. The characterization of commercial beijus in terms of sensory attributes and instrumental analyzes of texture and color, along with artisanal producers processing information, helped in determining process variables range for laboratory processing. Additionally, beiju stability studies were carried out during storage based on texture and hygroscopic equilibrium characteristics. The beiju obtained in all investigated conditions presented instrumental texture parameters with values that allow to characterize it as a crispy product and a moderate degree of hardness. The main responses for the characterization of the crispness were attributed to the number of peaks in the force-deformation curve, sensory crispness and water activity, which together allowed to conclude the best process conditions with exposure time in the range between 8.19 and 9.0 minutes, hot surface processing temperatures between 238 and 248°C, and starch/water ratio between 0.40 and 0.60. Under these conditions, beiju is obtained with satisfactory water activity, below 0.3, and the highest levels of whiteness, the second most appreciated attribute by the consumer. The results obtained revealed a lesser influence of the salt, at 1% concentration, on the number of peaks (related to crispiness) and gradient (related to hardness) after 7 days of storage at 30°C in relative humidity varying between 32 to 76%. The adsorption isotherms between 20 and 40°C were well adjusted by the GAB model, presenting a type II sigmoidal profile.

Keywords: Beiju, Texture, Crispness, Process Optimization, Consumer Preferences

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADROS CAPÍTULO 3.

Quadro 1	Produtos Regionais da Bahia elaborados a partir da fécula de mandioca	29
Quadro 2	Parâmetros da análise sensorial com escala de 5 pontos variando de “1-nenhum” a “5-muitíssimo”	50
Quadro 3	Análises realizadas nas diversas etapas do processo de fabricação do beiju	65

FIGURAS CAPÍTULO 3.

Figura 1	(a) Placa de cerâmica de fornos mais rústicos feitos de barro; (b) placas cerâmicas instaladas em fornos de alvenaria; (c) combustão da lenha para aquecimento das placas cerâmicas	31
Figura 2	(a) Espalhamento da fécula sobre a placa aquecida utilizando colher; (b) espalhamento da fécula sobre a placa aquecida utilizando peneira e moldes vazados	32
Figura 3	(a) Molde vazado do beiju cracker; (b) molde vazado do beiju redondo; (c) molde vazado do beiju miúdo; (d) molde vazado do beiju comprido ou canoa	33
Figura 4	(a) Farinha de tapioca do Pará (b) farinha de tapioca da Bahia	36
Figura 5	Mudanças de estado físico de um material amorfo vítreo para borrachudo ou gomoso (transitório), e para estado cristalino em função de tempo e temperatura (adaptado e modificado de BHANDARI <i>et al.</i> , 1997a)	39
Figura 6	Efeito plasticizante da água em alimentos crocantes (adaptado e modificado de KARKI <i>et al.</i> , 1994)	44

FIGURAS CAPÍTULO 4.

Figura 7	Fluxograma de processo para obtenção de beiju	52
Figura 8	Esquema da matriz em aço inoxidável com os moldes em formato retangular e bordas arredondadas na medida de 7 x 5 cm utilizada para obtenção do beiju	53

Figura 9	Equipamento de bancada desenvolvido na sua primeira versão para obtenção do beiju	51
Figura 10	Esquema das seções para verificação da homogeneidade da temperatura na placa de aquecimento de esteatita de formato quadrado.	56
Figura 11	Equipamento de bancada desenvolvido na sua versão final para obtenção do beiju	57
Figura 12	Posições das medidas dimensionais do beiju	58
Figura 13	Perfil do gráfico de textura instrumental para produtos crocantes com parâmetros: picos antes, após e totais, área, gradiente, força máxima	59

FIGURAS CAPÍTULO 5.

Figura 1	Frequency of consumption of breakfast products	83
Figura 2	Consumption of different types of biscuits	84
Figura 3	Frequency of names by which respondents recognize the product <i>beiju</i>	84
Figura 4	Image of the dry <i>beiju</i> presented to the consumer	85
Figura 5	Correspondence analysis of biscuit consumption versus age groups	86
Figura 6	Correspondence analysis of product designation versus cities	86
Figura 7	Correspondence analysis of frequency of consumption of <i>beiju</i> versus economic class	87
Figura 8	Correspondence analysis of the form of consumption of <i>beiju</i> versus age groups	88
Figura 9	Correspondence analysis of frequency of consumption of <i>beiju</i> versus age groups	89
Figura 10	Correspondence analysis of economic class versus occasion of <i>beiju</i> consumption	89
Figura 11	Correspondence analysis of economic class versus moment of <i>beiju</i> consumption	90
Figura 12	Correspondence analysis of Socio-economic class versus place of purchase of the <i>beiju</i>	90
Figura 13	Correspondence analysis of place of purchase versus gender	91

Figura 14	Correspondence analysis of city versus place of purchase	92
Figura 15	Correspondence analysis of economic class versus motivation to buy	92
Figura 16	Correspondence analysis of economic class versus product brand	93
Figura 17	Correspondence analysis of economic class versus quality	94
Figura 28	Correspondence analysis of the economic class versus price aspects	94
Figura 19	Correspondence analysis of the gender versus perception of quality	97
Figura 20	Correspondence analysis of the gender versus information on the packaging	98
Figura 21	Correspondence analysis of age group versus information on the package	98
Figura 22	Correspondence analysis of city versus information on the packaging	99

FIGURAS CAPÍTULO 6.

Figura 1	(a) Dendograma pelo método de Ward, e (b) gráfico distância euclidiana 8 variáveis e 14 produtores	106
Figura 2	Gráfico das médias de cada cluster <i>versus</i> variáveis; em destaque as variáveis com diferença significativa ($p \leq 0,05$)	107
Figura 3	(a) Análise de Componentes Principais dos produtores (b) Gráfico ACP das variáveis	108

FIGURAS CAPÍTULO 7.

Figura 1	Superfície de resposta para o Número de Picos Totais em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	121
Figura 2	Superfície de resposta para Gradiente m função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	123
Figura 3	Superfície de resposta para Área total sob a curva força-deformação (trabalho) em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	124

Figura 4	Superfície de resposta para a Umidade do beiju em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	126
Figura 5	Superfície de resposta e curva de contorno para a Expansão lateral do beiju em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	128
Figura 6	Superfície de resposta para o índice de brancura (WI) em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	129
Figura 7	Superfície de resposta para o índice de amarelecimento (YI) em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	131
Figura 8	Superfície de resposta para crocância sensorial em função de (A) temperatura da placa e tempo de exposição, (B) temperatura da placa e relação fécula/água e (C) tempo de exposição e relação fécula/água	132

FIGURAS CAPÍTULO 8.

Figura 1	Isotermas de adsorção de beiju ajustadas pelo modelo GAB para temperaturas de 20, 30 e 40°C	143
Figura 2	Distribuição dos resíduos do modelo de GAB nas temperaturas 20, 30 e 40°C para beiju em função dos valores calculados	144
Figura 3	Logaritmo neperiano da atividade de água (decimal), para alguns teores de umidade de equilíbrio (% b.s.), em função de 1/T (1/K) para beiju	144
Figura 4	Calor isostérico líquido em função da umidade de equilíbrio ajustados pela função exponencial	145

FIGURAS CAPÍTULO 9.

Figura 1	Figura 1 - Perfil das curvas força-deformação dos beijus nos tempos zero (TZero) e 7 dias (T7D) para as diferentes umidades relativas (TZero-preto; T7D 32,3%- azul escuro; T7D 42,9%-vermelho; T7D 56,3%- verde; T7D 64,7%-azul claro; T7D 75,9%-rosa)	151
-----------------	---	-----

FIGURAS APÊNDICE B

Figura 1	Análise de Componentes Principais (2D) das amostras em 2 componentes principais explicando 69,32% da variância.	162
-----------------	---	-----

LISTA DE TABELAS

TABELAS CAPÍTULO 4.

Tabela 1	Variáveis e seus níveis para o Delineamento Composto Central Rotacional – DCCR	56
Tabela 2	Delineamento experimental 2^{3-1} com os níveis das variáveis reais e codificadas	57

74

TABELAS CAPÍTULO 5.

Tabela 1	Regional products encountered at breakfast in Bahia	80
Tabela 2	Table 2 -Questionnaire with questions and options of answers	81
Tabela 3	Socio-demographic data of the market research about beiju consumers in Bahia	82
Tabela 4	Frequency (%) of beiju and cookie consumption	83
Tabela 5	Consumer attitudes at the moment of buying	96
Tabela 6	Frequency of product characteristics that can contribute with consumption and consumer fidelity	96

TABELAS CAPÍTULO 6.

Tabela 1	Atributos sensoriais	105
-----------------	----------------------	-----

TABELAS CAPÍTULO 7.

Tabela 1	Variáveis e seus níveis para o Delineamento Composto Central Rotacional – DCCR 2^3	118
Tabela 2	Delineamento experimental DCCR 2^3 com os níveis das variáveis reais e codificadas	118
Tabela 3	Resultados experimentais para textura, umidade, atividade de água, cor e crocância sensorial	119
Tabela 4	ANOVA dos resultados do parâmetro número de picos totais	120
Tabela 5	ANOVA dos resultados do parâmetro gradiente	122
Tabela 6	ANOVA dos resultados do parâmetro área (trabalho)	124

Tabela 7	ANOVA dos resultados de umidade	125
Tabela 8	ANOVA dos resultados da expansão da espessura	127
Tabela 9	ANOVA dos resultados de Índice de brancura	129
Tabela 10	ANOVA dos resultados do Índice de amarelecimento	130
Tabela 11	ANOVA dos resultados da crocância sensorial	132

TABELAS CAPÍTULO 8.

Tabela 1	Modelos matemáticos de isothermas	141
Tabela 2	Valores de umidade de equilíbrio % base seca (Ue) do beiju em função da atividade de água (Aw)	141
Tabela 3	Parâmetros de ajustes dos modelos das isothermas de adsorção do beiju determinadas pelo método estático, coeficientes de determinação (R^2), Qui-quadrado (χ^2), percentual de erros médios relativos (%) e tendência de distribuição dos resíduos (TDR)	143

TABELAS CAPÍTULO 9.

Tabela 1	Valores médios dos parâmetros de textura mecânica no TZero	152
Tabela 2	Valores médios dos parâmetros relacionados aos números de picos em TZero e T7D nas diferentes umidades relativas (UR)	152
Tabela 3	Valores médios dos parâmetros relacionados a área, gradiente, força máxima e distância antes da quebra em TZero e T7D nas diferentes umidades relativas (UR)	153

TABELAS APENDICE B.

Tabela 1	Médias dos agrupamentos (clusters)	160
Tabela 2	Resultados da análise de variância para os clusters dos segmentos de produtores de beiju	160
Tabela 3	Valores médios da textura instrumental de beijus comerciais de 9 produtores	161
Tabela 4	Valores médios e desvio padrão (DP) das medidas de largura, comprimento e assa dos beijus (10 unidades de beiju por produtor)	162
Tabela 5	Valores médios e desvio padrão (DP) das medidas de espessura dos beijus comerciais (10 unidades de beiju por produtor)	163
Tabela 6	Resultados de Cor para as amostras de féculas e de beijus comerciais	163

Tabela 7	Valores das médias dos parâmetros de textura dos beijus comerciais*	163
-----------------	---	-----

TABELAS APENDICE C.

Tabela 1	Resultados dimensionais e de encolhimento do beiju em função do tratamento	164
Tabela 2	Taxa de expansão das espessuras laterais do beiju em função do tratamento	165
Tabela 3	Resultados dos parâmetros de textura obtidos para os diversos tratamentos	166
Tabela 4	Resultados dos parâmetros de cor obtidos para os diversos tratamentos	167

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	24
2.1- Objetivo Geral	24
2.2- Objetivos Específicos	24
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 Alimentos Tradicionais e Inovações Tecnológicas	25
3.2 Comportamento do Consumidor	27
3.3. Produtos Regionais Derivados da Mandioca	28
3.4. Beiju	29
3.5. Processo Artesanal de Fabricação do Beiju	30
3.6. Características do Amido e Fécula	36
3.7. Transformações estruturais que afetam as propriedades mecânicas	37
3.8. Propriedades mecânicas de alimentos sólidos	41
4. MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1. Matéria Prima	46
4.1.1. Fécula de mandioca para fabricação beiju	46
4.1.2. Amostras comerciais de beiju para caracterização	46
4.1.2.1. Amostras comerciais para caracterização sensorial e de processo	46
4.1.2.2. Amostras comerciais para subsidiar projeto do equipamento e acessórios	47
4.2 Metodologia para Pesquisa de Mercado	47
4.3. Metodologia para Caracterização dos Beijus Comerciais	49
4.3.1. Cadastramento de produtores de beiju (1ª Etapa)	49
4.3.2. Caracterização sensorial e de textura instrumental dos beijus comerciais (1ª Etapa)	50
4.3.3. Análise estatística (1ª Etapa)	51
4.3.4. Propriedades Físicas dos Beijus Comerciais (2ª Etapa)	51
4.4. Processo de Obtenção do Beiju em Laboratório	51
4.4.1. Processo de hidratação e desaglomeração da fécula	52
4.4.2. Dispersão e moldagem	52
4.4.3. Tratamento Térmico	53
4.5. Delineamento Experimental	58
4.6 Estudo da Influência do Sal e Umidade Relativa durante a Estocagem do Beiju	59
4.7. Análises Físico Química da Fécula e Estruturais do Beiju	60
4.7.1. Umidade	60
4.7.2 Atividade de água	60
4.7.3 Medidas das dimensões e massa unitária do beiju	60

4.7.4 Análises de textura instrumental	62
4.7.5 Análises de cor instrumental	63
4.7.6 Análise sensorial	63
4.7.7 Isotermas de sorção de umidade	63
4.8. Análise Estatística dos Dados	64
4.9 Resumo das Análises Físico Químicas e Estruturais da Fécula de Mandioca e do Beiju	65
5. HABITS AND ATTITUDES TOWARDS <i>BEIJU</i> AMONG BRAZILIAN – MANUSCRITO	74
Introduction	75
Materials and Methods	78
Results and Discussion	82
Conclusions	99
6. ALIMENTOS TRADICIONAIS: SEGMENTAÇÃO DE PRODUTORES DE BEIJU EM FEIRA DE SANTANA-BAHIA - CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO	102
Introdução	103
Material e Métodos	105
Resultados e Discussão	105
Conclusões	108
7. PROPRIEDADES DE TEXTURA E COR DO BEIJU EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE HIDRATAÇÃO E DO PROCESSO TÉRMICO – MANUSCRITO	110
Introdução	112
Material e Métodos	114
Resultados e Discussão	119
Conclusões	133
8. ISOTERMAS DE ADSORÇÃO E CALOR ISOSTÉRICO DE BEIJU – ARTIGO PUBLICADO	137
Introdução	138
Material e Métodos	139
Resultados e Discussão	141
Conclusões	145
9. TEXTURA DE BEIJU SOB A INFLUÊNCIA DO SAL E DA UMIDADE RELATIVA ARTIGO PUBLICADO	147
Introdução	148
Material e Métodos	150
Resultados e Discussão	150
Conclusões	153
10. CONCLUSÕES GERAIS	155
11. 11. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	157
APÊNDICE A. QUESTIONÁRIO DO PERFIL DOS PRODUTORES DE BEIJU NA BAHIA	158
APÊNDICE B. RESULTADOS COMPLETOS DA CARACTERIZAÇÃO DO BEIJU COMERCIAL	160

1. INTRODUÇÃO

Alguns setores da agroindústria no Brasil e na Europa são caracterizados por um grande número de micro, pequenas e médias empresas (PME) e por uma indústria de baixa tecnologia, especialmente no setor de alimentos tradicionais, com as seguintes características: (1) suas principais etapas de produção são realizadas em uma determinada região geográfica de nível local, regional ou nacional; (2) são autênticos em sua receita (mistura de ingredientes), origem da matéria-prima e/ou processo produtivo; (3) estão comercialmente disponíveis por cerca de 50 anos ou mais; e, (4) fazem parte do patrimônio gastronômico (GELLYNCK; KÜHNE, 2008).

Diante da crescente globalização do mercado de alimentos, a inovação é uma ferramenta estratégica essencial para que as pequenas e médias empresas possam alcançar vantagem competitiva. Isto também se aplica aos produtos alimentícios tradicionais, apesar da aparente controvérsia entre inovação e tradição (JORDANA, 2000) e o desafio que esta controvérsia envolve (AMILIEN *et al.*, 2013; GELLYNCK; KÜHNE, 2008; JORDANA, 2000).

Segundo Linnemann *et al.* (2006), o sucesso da introdução de inovações em produtos alimentícios tradicionais depende de um bom entendimento das percepções, expectativas e atitudes dos consumidores em relação a esses produtos, e ainda, de suas atitudes em relação às inovações em produtos alimentícios tradicionais. Poucos estudos publicados se concentram particularmente em inovações de produtos alimentícios tradicionais (JORDANA, 2000) e, apesar destes representarem uma grande contribuição ao desenvolvimento do turismo e promoção da cultura local com a oferta de produtos seguros ao consumidor, esse potencial ainda não é reconhecido (VITORINO, 2017; SANTANA, 2016).

O beiju, produto escolhido como tema deste trabalho, é um produto indígena milenar e tradicional das culturas do norte e nordeste do Brasil, caracterizado como um produto de

baixa umidade, cujo processo de fabricação consiste na dispersão de fécula de mandioca hidratada (40 a 45% de umidade base úmida) e eventualmente salgada, sobre uma superfície aquecida na faixa de temperatura de 218 a 270°C, por tempo de exposição variando de 3 a 10 minutos, formando gel rígido e opaco com umidade máxima de 10% em base úmida, condição físico-química diretamente relacionada às suas características sensoriais (BEZERRA *et al.*, 2018; NORI *et al.*, 2019; EMPERAIRE, 2010).

Estudos para caracterização do perfil sensorial do beiju comercializado em Feira de Santana-BA foram realizados por um grupo de pesquisadores da Universidade Estadual de Feira de Santana, empregando a metodologia de Análise Sensorial Descritiva (ADQ), por painel treinado (ROCHA *et al.*, 2015). Os resultados do perfil sensorial do beiju comercializado indicaram atributos sensoriais de textura crocante e cor branca como sendo os que mais caracterizam o beiju. Entre os produtos comercializados em Feira de Santana-BA, a pesquisa também mostrou existir uma grande variabilidade nos atributos individuais de aparência, sabor, cor e textura que necessitam ser identificados, descritos e quantificados em relação às variações entre os produtores.

O presente projeto de pesquisa consistiu no estudo sobre os hábitos de consumo para o beiju comercializado em Salvador-BA e em Feira de Santana-BA; levantamento das variações nos processos conduzidos pelos produtores artesanais de beiju de Feira de Santana-BA; estudo das variáveis que influenciam o processo de fabricação do beiju e estabelecimento de parâmetros para a otimização do processo, baseado em correlações entre medidas instrumentais das propriedades físicas de textura e cor e da percepção sensorial por painel treinado, objetivando a oferta de beiju com características sensoriais típicas e desejáveis do produto tradicional, conforme perfil sensorial ideal estabelecido em relação a textura e cor.

Organização da Tese

Esta tese foi organizada em capítulos, conforme descrição abaixo:

Capítulo 1: Introdução

Capítulo 2: Objetivos

Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

Neste capítulo são destacadas as contribuições científicas de inúmeros autores sobre o tema do presente estudo.

Capítulo 4: Material e Métodos Experimentais

Neste capítulo é apresentada em detalhes toda a metodologia aplicada ao longo da experimentação.

Referências Bibliográficas

Encontram-se listadas as referências bibliográficas de todas as citações mencionadas nos capítulos 3 e 4.

Capítulo 5: Manuscrito a ser submetido para publicação em periódico científico na forma de artigo – HABITS AND ATTITUDES TOWARDS *BEIJU* AMONG BRAZILIAN

Neste artigo é apresentado o perfil do consumidor de beiju e descrição sobre o comportamento, hábitos e tendências de consumo. A pesquisa foi realizada por meio de um estudo quantitativo, baseado no desenvolvimento e aplicação de um questionário estruturado, randomizado e estratificado por cotas, em função das variáveis de gênero e idade. As entrevistas foram realizadas com 441 consumidores de beiju, residentes nas cidades de Salvador e Feira de Santana, ambas na Bahia, Brasil, cujos resultados foram interpretados pela técnica de análise multivariada de correspondência. A preferência de compra foi associada a atributos sensoriais de sabor, cor e crocância, sem ser influenciada pelo preço do produto em todas as classes pesquisadas. A compra foi relacionada à tradição ou hábito de consumo de um produto natural e/ou regional, sendo as classes A1 e B2 responsáveis pela maior frequência de consumo. Entre as preferências ou tendências do consumidor mais citadas, estão embalagens transparentes para visualização do produto, novos designs de embalagem, como embalagem econômica (mais produtos por unidade), embalagem que preserva a crocância e novos sabores. Os consumidores também enfatizaram a necessidade de observar características da padronização do teor de sal.

Capítulo 6: Trabalho publicado na forma de capítulo de livro e apresentado, com premiação no Congresso Técnico e Científico da Engenharia e da Agronomia 2019 – Modalidade Química - selecionado para publicação como capítulo do livro “Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira”, v.3 (Organizadores: Paulo Roberto Megna Francisco; Dermeval Araújo Furtado e Aline Costa Ferreira. Campina Grande: EPGRAF, 2019) - ALIMENTOS TRADICIONAIS: SEGMENTAÇÃO DE PRODUTORES DE BEIJU EM FEIRA DE SANTANA-BAHIA

Este trabalho objetivou a segmentação dos produtores de beiju segundo as similaridades das características de processo e sensoriais do produto comercializado no município de Feira de Santana-BA visando subsidiar o desenvolvimento de equipamento e otimização de processos de fabricação. As informações sobre o processamento foram obtidas junto aos produtores artesanais através de entrevistas, com o uso de roteiro semiestruturado. O método do Perfil de Sabor com painel treinado foi utilizado para determinação das características sensoriais do beiju (aparência, cor, textura e sabor). Os perfis sensoriais foram analisados juntamente com as informações obtidas junto aos produtores artesanais para segmentação dos grupos através da análise de cluster e análise de componentes principais.

Capítulo 7: Manuscrito a ser submetido para publicação em periódico científico na forma de artigo – PROPRIEDADES DE TEXTURA E COR DO BEIJU EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE HIDRATAÇÃO E DO PROCESSO TÉRMICO

Neste artigo, são apresentados os resultados da investigação da influência das variáveis de processo como a razão fécula/água para hidratação, temperatura e tempo de exposição na placa aquecida durante o processo térmico sobre os atributos de qualidade do beiju com o uso da metodologia de Superfície de Resposta empregando o delineamento central composto rotacional com 5 níveis para cada variável. Foram analisadas as respostas em termos da umidade do beiju, atividade de água, textura instrumental, textura sensorial, cor instrumental e expansão da espessura. As respostas obtidas para quantificar a crocância, atributo mais apreciado pelo consumidor, foram influenciadas pelas variáveis tempo e temperatura, sendo caracterizadas pelas respostas de textura instrumental (número de picos para ruptura do beiju), crocância sensorial e atividade de água.

Capítulo 8: Trabalho completo publicado nos Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP – 2019 com título: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO E CALOR ISOSTÉRICO DE BEIJU

O presente trabalho teve como objetivo obter as isotermas de sorção e o calor isostérico de beijos produzidos sob condições controladas de processo visando entender o seu comportamento higroscópico para prever condições de armazenamento adequadas que evitem as alterações microbiológicas ou sensoriais do produto. As isotermas de adsorção de umidade foram determinadas através do método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais com 9 valores de atividade de água, variando entre 0,1 e 0,9, em três temperaturas (20, 30 e 40°C). Os dados experimentais das isotermas foram modelados de acordo com os modelos GAB, Oswin e Smith. O melhor ajuste foi obtido pelo modelo de GAB com valores de umidade da monocamada na faixa de 4,8 a 5,5% de umidade (b.s.) com influência inversamente proporcional da temperatura. As curvas obtidas se apresentam na forma sigmoideal, sendo classificadas como Isotermas do Tipo II.

Capítulo 9: Trabalho completo publicado nos Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP - 2019 com título: TEXTURA DE BEIJU SOB A INFLUÊNCIA DO SAL E DA UMIDADE RELATIVA

Este trabalho teve como objetivo avaliar a alteração da textura crocante de beijos produzidos sob condições controladas de processo, com diferentes concentrações de NaCl (0, 1 e 2%), e, estocados por período de sete dias em ambientes sob diferentes condições de umidade relativa (32,3; 42,9; 56,3; 64,7 e 75,9%), visando obter dados para prever a influência da água adsorvida e os efeitos do sal na textura durante o período de comercialização. Os parâmetros de textura observados foram área, gradiente, número de picos, força máxima e distância antes da quebra. Os resultados revelam uma menor influência do sal nos parâmetros número de picos (relacionado a crocância), gradiente e distância antes da quebra (relacionados a dureza) na concentração de 1% de sal após 7 dias de estocagem nas diferentes umidades relativas em relação à inicial. Os parâmetros analisados caracterizaram

as amostras de beijus, como produtos crocantes, porém apresentando moderado grau de dureza.

Conclusões Gerais da Tese

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros relacionados a área, gradiente, força máxima e distância antes da quebra em TZero e T7D nas diferentes umidades relativas (UR)

	Área (Ns)			Gradiente (N/s)			Força Máxima (N)			Distância antes da quebra (mm)		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
T Zero	3,6 ^c	3,6 ^d	2,7 ^f	14,1 ^c	21,8 ^a	17,4 ^a	5,6 ^c	7,0 ^{c,d}	5,6 ^{c,d}	6,8 ^d	10,9 ^b	7,8 ^b
T7D UR32,3%	3,7 ^c	3,9 ^{c,d}	3,7 ^e	18,0 ^a	21,6 ^a	11,8 ^c	5,9 ^c	7,9 ^c	5,7 ^c	9,1 ^{b,c}	11,1 ^{a,b}	9,8 ^a
T7D UR42,9%	3,7 ^c	6,2 ^c	4,7 ^d	16,3 ^{b,c}	23,1 ^a	12,3 ^c	5,9 ^c	9,1 ^b	6,1 ^b	7,3 ^{c,d}	13,7 ^a	9,2 ^a
T7D UR56,3%	9,5 ^b	7,7 ^b	7,4 ^a	17,6 ^{a,b}	19,9 ^a	15,9 ^b	10,2 ^a	10,2 ^a	8,5 ^a	13,7 ^a	12,8 ^a	9,2 ^a
T7D UR64,7%	12,7 ^a	11,5 ^a	6,5 ^b	14,5 ^{b,c}	16,2 ^{a,b}	9,8 ^d	10,4 ^a	9,8 ^{a,b}	5,3 ^d	11,0 ^b	10,3 ^b	5,3 ^c
T7D UR75,9%	9,2 ^b	8,2 ^b	5,4 ^c	14,8 ^{b,c}	11,7 ^b	6,7 ^e	7,7 ^b	6,8 ^d	4,1 ^e	7,4 ^{c,d}	7,0 ^c	4,2 ^d

^{a,b,c,d,e,f} Diferentes letras para a mesma coluna significa que há diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey

CONCLUSÃO

As análises de textura das amostras de beiju com as três concentrações de NaCl (0%, 1%, 2%) revelaram uma menor influência do sal nos parâmetros número de picos (relacionado a crocância), gradiente e distância antes da quebra (relacionados a dureza) na concentração de 1% de sal para as amostras após 7 dias em todas as diferentes umidades relativas em comparação as amostras iniciais.

Os parâmetros analisados que são fortemente relacionados com dureza e crocância caracterizaram as amostras de beijos, como produtos crocantes, porém apresentando moderado grau de dureza.

REFERÊNCIAS

- ÇARSANBA, E.; DUERRSCHMID, K.; SCHLEINING, G. (2017), "Assessment of acoustic-mechanical measurements for crispness of wafer products" *Journal of food engineering*, 1-9
- CHEN, J., KARLSSON, C. & POVEY, M. (2005), "Acoustic envelope detector for crispness assessment of biscuits" *Journal of Texture Studies*, 36 (2), 139-156.
- FARAHNAKY, A.; FARHAT, I. A.; MITCHELL, J.R.; HILL, S.E. (2008), "The effect of sodium chloride on the glass transition of potato and cassava starches at low moisture contents", *Food Hydrocolloids*, 23, 1483-1487
- NICHOLLS, R.J., APPELQVIST, I.A.M., DAVIES, A.P., INGMAM, S.J., LILLFORD, P.J. (1995), "Glass Transitions and the fracture-behavior of gluten and starches within the glassy state", *Journal Cereal Science*, 21, 25-36
- SAELEAW, M., SCHEINING, G. (2011), "A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic-mechanical destructive techniques", *Journal of Food Engineering*, 105, 387-399
- SALVADOR, A., VARELA, P., SANZ, T. & FISZMAN, S.M. (2009), "Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis", *LWT Food Science and Technology*, 42 (3), 763-767
- SEGNINI, S., DEJMEK, P. OSTE, R. (1999a), "Relationship between instrumental and sensory of texture and color of potato chips", *Journal of Texture Studies*, 30, 677-690
- SEGNINI, S., DEJMEK, P. OSTE, R. (1999b), "Reproducible texture analysis of potato chips", *Journal of Food Science*, 64, 309-312
- TANIWAKI, M., KOHYAMA, K. (2012), "Mechanical and acoustic evaluation of

- potato chip crispness using a versatile texture analyzer", *Journal of Food Engineering*, 112, 268-273
- VARELA, P., CHEN, J., FISZMAN, S. AND POVEY, J.W. (2006), "Crispness assessment of roasted almonds by an integrated approach to texture description: texture, acoustics, sensory and structure", *Journal of Chemometrics*, 20, 311-320.
- VARELA, P., SALVADOR, A., FISZMAN, S. (2008), "On the assessment of fracture in brittle foods: The case of roasted almonds", *Food Research International*, 41, 544-551.
- VICENT, J.F.V. (1998), "The quantification of crispness", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 162-168
- VICENT, J.F.V. (2004), "Application of fracture mechanics to the texture of food", *Engineering Failure Analysis*, 11, 695-704

10. CONCLUSÕES GERAIS DA TESE

O estudo junto aos consumidores de beiju permitiu estabelecer seu perfil, mostrando a preferência de compra associada a atributos sensoriais de sabor, cor e crocância, sem ser influenciada pelo preço do produto em todas as classes sociais pesquisadas. A compra está relacionada à tradição ou hábito de consumo de um produto natural e/ou regional, sendo as classes A1 e B2 responsáveis pela maior frequência de consumo. Entre as preferências ou tendências do consumidor mais citadas estão embalagens transparentes para visualização do produto, novos designs de embalagem, como embalagem econômica (mais produtos por unidade), embalagem que preserva a crocância e os novos sabores, bem como a necessidade de observar características da padronização do teor de sal.

As análises dos beijus comerciais permitiram concluir que existe ausência de padronização dos processos artesanais. Os testes realizados colaboraram para validar as metodologias que foram aplicadas no delineamento experimental e, principalmente, forneceram subsídios para a construção do equipamento de bancada e seus acessórios, que garantiu o estudo das variáveis que influenciam o processo.

Foi possível segmentar os diferentes produtores de beiju segundo as variáveis sensoriais e de textura instrumental com aplicação das ferramentas estatísticas Análise de Cluster e Análise de Componentes Principais, permitindo identificar os produtores que se destacaram como os que apresentam maior intensidade para as variáveis de “crocância” e “fraturabilidade” valorizadas pelo consumidor.

O delineamento experimental empregado mostrou-se satisfatório para verificar a influência das variáveis temperatura da placa de aquecimento, tempo de exposição e relação fécula/água em todas as respostas analisadas referentes aos principais atributos de qualidade do beiju. O beiju obtido em todas as condições investigadas apresentou textura instrumental

(número de picos, gradiente e área total) com valores que permitem caracterizá-lo como um produto crocante, principal atributo apreciado pelo consumidor. As principais repostas para a caracterização da crocância foram atribuídas ao número de picos, crocância sensorial e atividade de água, as quais, conjuntamente, confirmaram as melhores condições de processo, com tempo de exposição igual ou superior 8,19 minutos e temperatura entre 238 e 248°C.

Considerando ser desejável obter condições de processo que permitam a maximização do parâmetro “número de picos”, como expressão da crocância instrumental do beiju, e minimização dos valores do parâmetro “gradiente” (dureza), as melhores condições para ambos foram obtidas com temperatura de 238°C, 7 minutos de exposição, e nos valores extremos para a relação fécula/água (0,40 e 0,60). Nessas mesmas condições do processo, também seriam obtidos beijus com atividade de água satisfatória (abaixo de 0,3). Observou-se que os parâmetros relativos ao “número de picos” e “gradiente” são inversamente proporcionais. Condições semelhantes foram obtidas para os maiores índices de brancura, segundo atributo mais apreciado pelo consumidor. Os menores índices de amarelecimento foram observados sob temperaturas e tempos de exposição inferiores a 248°C e 7 minutos, respectivamente.

As análises de textura das amostras de beiju revelaram uma menor influência do sal sobre os parâmetros número de picos (relacionado a crocância), gradiente e distância antes da quebra (relacionada a dureza), quando na concentração de 1% de sal, após 7 dias de estocagem na faixa de umidade relativa 32 a 76%, em relação às amostras iniciais.

Os parâmetros analisados que são fortemente relacionados com dureza e crocância caracterizaram as amostras de beijus como produtos crocantes, porém, apresentando moderado grau de dureza.

Foram apresentadas as curvas de isoterma de adsorção de umidade do beiju para as temperaturas de 20, 30 e 40°C, com o modelo GAB apresentando o melhor ajuste. O perfil das curvas predominante foi do tipo sigmoidal, característico do tipo II, cuja umidade é reduzida diante do aumento de temperatura. A função exponencial descreveu satisfatoriamente o comportamento do calor isostérico de sorção, o qual diminui com o aumento da umidade de equilíbrio.