

Uso da impressão 3D na personalização de chocolates adicionados de fibra de bambu

Use of 3D printing in the customization of chocolates added with bamboo fiber

Creciana Maria Endres¹, Bruna Cunha, Vanderleia da Fonseca, Rosimara Kischener, Milto Defaveri, Cleociano Miguel Endres.

¹Faculdade SENAI Chapecó

*Correspondente: creciana.maria@gmail.com

Resumo

A indústria de chocolates tem investido em possibilitar aos consumidores saudabilidade e versatilidade. O uso de tecnologias na indústria de alimentos propicia a criação de produtos inimagináveis. Desse modo, o objetivo do estudo foi desenvolver modelos de chocolate personalizados com a tecnologia da impressão tridimensional (3D), adicionado de fibra de bambu. Foram desenvolvidos quatro protótipos, dois modelos de chocolate puro e dois modelos de chocolate com adição de fibra, que foram submetidos a teste sensorial visual, textura, peso e dimensão. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pelo método Anova e teste de Tukey para comparação das médias. Os modelos impressos ficaram próximos ao projetado, a análise sensorial indica que as amostras apresentaram aceitabilidade ao avaliar o atributo visual. A análise de viabilidade mostrou que é viável produzir chocolates personalizados. Diante disso, a impressão 3D apresenta-se como uma alternativa viável, podendo ser aplicada em alimentos, conceito esse aliado à Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0; tendências; impressão 3D; chocolate; fibra.

Abstract

The chocolate industry has invested in providing consumers with healthiness and versatility. The use of technologies in the food industry leads to the creation of unimaginable products. Thus, the objective of the study was to develop customized chocolate models with the technology of three-dimensional printing (3D), added with bamboo fiber. Four prototypes were developed, two models of pure chocolate and two models of chocolate with added fiber, which were subjected to visual sensory testing, texture, weight and dimension. The results obtained were statistically analyzed by the ANOVA method and Tukey's test to compare the means. The printed models were close to the projected one, the sensory analysis indicates that the samples showed acceptability when evaluating the visual attribute. The feasibility analysis showed that it is feasible to produce personalized chocolates. Therefore, 3D printing presents itself as a viable alternative, which can be applied to food, a concept that is allied to industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0; trends, 3D printing; chocolate; fiber.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de impressão 3D de alimentos, também conhecida como manufatura aditiva (AM), permite a construção de formas 3D, camada por camada, possibilitando a impressão de objetos sólidos tridimensionais a partir de um modelo digital. As impressoras 3D estão cada vez mais conhecidas devido à versatilidade dos modelos que podem ser impressos. Além de reduzir os desperdícios de matéria-prima, possibilitam a construção de diversos modelos, seja usando filamentos de polímero plástico, metal e, mais recentemente, materiais comestíveis, entre eles o açúcar e o chocolate. É possível produzir modelos personalizados de alimentos, com diferentes formas e texturas, a partir da inserção de novos ingredientes, como também os de apelo funcional (MANTIHAL *et al.*, 2020). Atualmente, há três tipos de impressão 3D, baseados em extrusão do material, que são aplicadas para materiais alimentícios. A extrusão do material de impressão pode ocorrer por meio de deslocamento positivo, distribuição de pressão de tempo ou extrusão de parafuso rotativo. No método de deslocamento positivo, um pistão é conduzido para baixo, gradualmente, por um motor. Já a distribuição de pressão de tempo aplica pressão de ar ao material de extrusão, sendo que a diferença entre a pressão ambiente e a pressão do ar irá direcionar o fluxo do material. Na extrusão de parafuso rotativo, o material é extrusado com o auxílio de um parafuso rotativo, a quantidade de material extrusado vai depender da velocidade do motor (Jia Min Lee, 2014).

Pesquisa realizada pelo Fórum Econômico Mundial mostra que 49% das empresas brasileiras pretendem investir na tecnologia de impressão 3D até o ano de 2022. Além disso, o Goldman Sachs, gigante americano no setor bancário, fez um estudo que indica que a impressão 3D é apontada como uma das oito

tecnologias que mudarão os negócios nos próximos anos (AMARO, 2019). O material utilizado como tinta na impressora irá definir a qualidade e o sucesso do processo de impressão. O chocolate por si só é um bom material para a impressão devido às suas características. Ele apresenta uma estrutura complexa e seu caráter varia consideravelmente, mesmo com uma pequena variação de temperatura. Por exemplo, à temperatura ambiente, o chocolate está em um estado sólido, mas quando ela atinge a temperatura corporal (37°C), torna-se viscoso.

O chocolate também consiste em outros compostos, entre eles a lecitina de soja, que atua como um agente emulsificante, aprimorando o revestimento de partículas hidrofílicas de açúcar e moléculas de gordura hidrofóbicas. Isso fornece fluidez e suspensão ao chocolate durante o consumo (MANTIHAL *et al.*, 2020). Segundo Bergo *et al.* (2019), os consumidores, no momento da compra, escolhem o chocolate baseados nos cinco sentidos sensoriais, sendo que a visão é o que mais se destaca. É através dela que são obtidas as primeiras impressões dos produtos quanto à cor, ao tamanho, ao formato e ao brilho, seguidos de design e estética, que também são fundamentais na hora da decisão da compra. Os produtos que não agradam o principal sentido, o sensorial, são descartados ou deixados em segundo plano, mesmo se apresentando com a mesma qualidade (BERGO *et al.*, 2019). Com isso, há a necessidade das empresas em inovar em design, e uma tendência que vem a somar é a aplicação da impressão 3D, tecnologia utilizada para criar novos modelos, formatos e tamanhos de chocolate.

Aliado a isso, nos últimos anos, o interesse pelo uso de ingredientes naturais tem crescido, a fim de desenvolver alimentos com propriedades funcionais, e o broto de bambu é uma alternativa. A fibra de bambu é inerte, não contém calorias nem sabor e pode ser

utilizada em vários produtos, como panificação, carnes, laticínios, bebidas, entre outros (MAGALHÃES, 2017). As indústrias estão optando pelo uso de ingredientes naturais com o intuito de desenvolver alimentos com propriedades funcionais. O processo de impressão 3D usando como filamento o chocolate é uma alternativa para a aplicação de ingredientes com apelo funcional. A fibra se caracteriza como qualquer material comestível não hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (BRASIL, 2003). A concentração de fibra a ser adicionada para ter apelo funcional varia de fonte a alto conteúdo, sendo que para o alimento ser fonte de fibra, deve apresentar o mínimo de 3g de fibra por 100g ou 100ml em pratos preparados, e mínimo de 2,5g de fibra por porção. Para ser alto conteúdo, o mínimo de 6g de fibra por 100g ou 100ml em pratos preparados conforme o caso e o mínimo de 5g de fibra por porção (BRASIL, 2012).

O desenvolvimento de novos produtos deve ser avaliado quanto à sua viabilidade técnica e financeira para determinar a consistência e a rentabilidade de um projeto. O estudo de viabilidade possibilita melhor visualização acerca do real potencial de retorno do investimento em questão, deixando mais clara e segura a decisão sobre a iniciação ou descarte do projeto (UEDA, 2017). A análise de viabilidade econômica busca identificar quais são os benefícios esperados em um dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação. A análise de investimentos pode ser considerada como o conjunto de técnicas que permitem a comparação entre os resultados de tomada de decisão referente às alternativas diferentes de forma científica, ou seja, compreende a análise de um investimento com a finalidade de avaliar o interesse na implantação do mesmo (SILVA, 2016).

A aplicação da tecnologia de manufatura aditiva em alimentos ainda é recente, sendo necessários mais estudos dos parâmetros de processo, como é o caso da temperatura de impressão e de possíveis modelos a serem impressos. Assim, o objetivo da pesquisa foi utilizar a impressão 3D de alimentos para desenvolver chocolates personalizados, com adição de fibra de bambu, apresentando chocolates com diferentes formatos e com fonte de fibra, agregando para a saudabilidade dos consumidores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação do material de abastecimento

Os testes para o desenvolvimento deste estudo foram realizados no laboratório didático da Faculdade SENAI, Chapecó, onde foram trabalhados chocolate puro e chocolate adicionado de fibras. Como material de filamento ou tinta usou-se um tipo de chocolate ao leite meio amargo tipo blend em gotas (marca Sicao). De acordo com as orientações do fabricante, o chocolate meio amargo era composto por: açúcar, pasta de cacau, manteiga de cacau, gordura vegetal, leite em pó integral, soro de leite em pó, emulsificante (lecitina de soja e ricinoleato de poliglicerol) e aromatizante. O chocolate foi preparado por meio do derretimento em banho-maria em temperatura de 30°C. A fibra de bambu, comercializada pela Nutrassim, que foi utilizada apresenta teor máximo de 7% de umidade, 99,6% de fibra insolúvel e 0,3% de cinzas. Logo, apresenta grande quantidade de fibras dietéticas, que equivalem a um valor aproximado de 8% de fibras solúveis e 92% de fibras insolúveis. A quantidade de fibra de bambu em pó a ser adicionada ao chocolate foi calculada de acordo com os preceitos da RDC

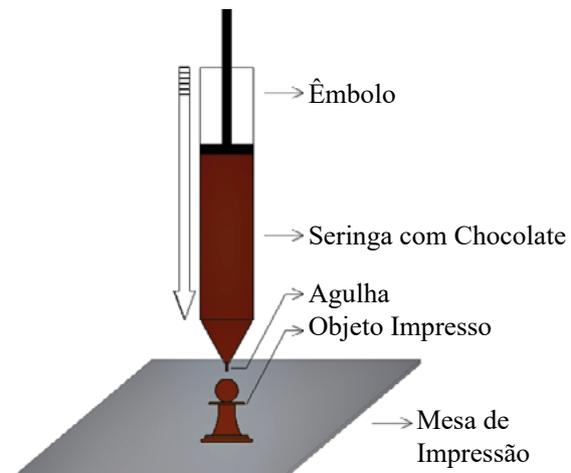
Nº 54, de 12 de novembro de 2012. Os termos do produto desenvolvido são considerados de alto teor de fibra, contendo 6% de fibras cada 100g de produto, que é a recomendação mínima. Após o chocolate derretido, a mistura foi colocada na seringa da impressora 3D até o início do processo de impressão.

2.2 Condições operacionais

A impressora 3D de chocolate Wiiboox Sweetin foi usada neste estudo e a temperatura da sala de impressão foi padronizada a 25°C. Essa impressora regula automaticamente o espaço adequado entre o bico e a mesa de impressão. A distância da cabeça do alfinete e a placa usada foi de 0,5mm. A mistura já na seringa de impressão foi pré-aquecida por 30 minutos. A temperatura definida para o processo de impressão foi de 33°C, ajustada conforme a necessidade, variando de 33°C a 35°C. Os parâmetros de impressão foram definidos da seguinte forma: velocidade de impressão não alterada, manteve-se na configuração da impressora 15mm/s~70mm/s, tamanho do bico 18mm. Os parâmetros foram definidos baseado em orientações do fabricante e testes em bancada.

A Figura 1 ilustra o diagrama esquemático da impressão 3D, mecanismo que usa um método de deslocamento positivo, onde um pistão pressiona o material de impressão. As amostras impressas foram armazenadas em refrigeração por volta de 15°C até a realização das análises.

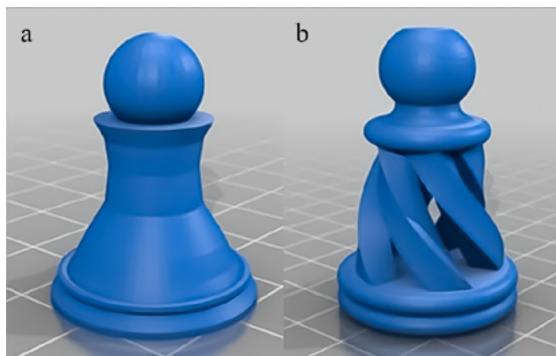
Figura 01 - Diagrama esquemático da impressora Wiiboox Sweetin de alimentos e seu mecanismo de impressão



2.2.1 Desenho e impressão 3D de chocolate

Os modelos em formato STL foram baixados de Maker Bot Thingiverse, um site dedicado ao compartilhamento de arquivos de design digital criados por usuários, que fornece designs de hardware de código aberto que podem ser usados nas impressoras 3D. Os parâmetros dos objetos 3D foram definidos no programa Cura, Versão 15.02.1. Os modelos foram salvos em G-code e carregados no pen drive da impressora. Para a realização do estudo foram projetadas duas amostras: (a) peão maciço e (b) peão vazado, conforme ilustrado na Figura 2, sendo que o peão maciço foi padronizado com altura de 25,6mm e diâmetro de 20,5mm, já o peão vazado foi padronizado com altura de 34,2mm e diâmetro de 20,5mm.

Figura 02 - Modelos projetados para impressão: (a) peão maciço e (b) peão vazado



2.2.2 Peso, dimensão e força de pressão do chocolate impresso em 3D

As peças impressas foram analisadas quanto ao peso, à altura, ao diâmetro e à textura. A pesagem ocorreu em balança analítica (220g Sensi. 0,0001g PR224BR Ohaus New Pioneer). As medidas em relação à sua altura e ao seu diâmetro foram realizadas utilizando-se paquímetro digital, marca MarCal 16 EWR. As amostras foram analisadas em duplicata. A força de pressão do chocolate impresso em 3D foi medida usando-se um analisador de textura. A análise de textura foi realizada no laboratório de físico-química do Instituto Senai de Tecnologia em Alimentos de Chapecó, por meio do analisador de textura, marca Brookfield CT3 4500, essa não foi realizada em duplicata, pois o laboratório é certificado. As temperaturas das amostras de chocolate foram mantidas entre 18°C e 20°C antes da análise.

2.2.3 Taxa de Impressão

Através do peso dos peões maciços e vazados, divididos pelo tempo de impressão, determinou-se a quantidade de chocolate impressa por minuto, como mostra a equação 1.

$$\text{Taxa de impressão (g / min)} = \frac{\text{peso amostra}}{\text{tempo de impressão}} \quad (1)$$

2.3 Análise sensorial

As amostras tradicionais e com adição de fibra foram avaliadas sensorialmente por meio da aplicação de teste de aceitação visual por escala hedônica. Utilizou-se uma escala estruturada de nove pontos, em que (1 = desgostei extremamente e 9 = gostei extremamente), além do aspecto visual, foi avaliada a impressão global. As amostras foram codificadas utilizando-se números de três dígitos aleatórios, acondicionadas em bandejas para a aplicação do teste. A equipe sensorial contou com 50 julgadores não treinados, acima de 18 anos de idade. Os provadores foram instruídos a responder questões referentes ao consumo de chocolate e dados pessoais (sexo e idade), avaliar individualmente cada amostra e atribuir nota visual às amostras, sendo quatro amostras com códigos. Amostra código 523, peão vazado chocolate + fibra; amostra 789, peão maciço chocolate + fibra; amostra código 243, peão maciço chocolate; amostra 123, peão vazado chocolate.

2.4 Análises estatísticas dos dados

Os dados da análise de aceitação visual foram submetidos à análise de Variância (Anova), seguida de teste de Tukey ao nível de 5% de significância para a comparação entre as médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Microsoft Office Excel versão 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O derretimento e o fluxo da matéria-prima são etapas de extrema importância no processo de impressão e dependem do material utilizado, no caso do presente estudo o chocolate e a fibra de bambu. A viscosidade

do material é influenciada pela temperatura, o chocolate foi considerado completamente derretido entre 33°C e 35°C, com temperatura ambiente controlada entre 20°C e 25°C. Esse resultado mostrou-se parecido com o comportamento de derretimento encontrado por Mantihal *et al.* (2017), que ocorreu na temperatura de 28°C a 30°C. Já no estudo realizado por Bergo *et al.* (2019), a temperatura ideal encontrada para melhor fluxo e derretimento foi de 26°C, 28°C, com a máxima de 32°C. Em relação ao tempo de fabricação, obteve resultados positivos na redução do tempo, por ser uma tecnologia relativamente rápida, além de que no processo de impressão 3D há produção de chocolates de diversas formas, os modelos impressos em chocolate foram capazes de manter as suas estruturas em camadas, apresentando secagem rápida e qualidade visual das peças. O tempo médio da impressão foi de nove minutos, enquanto um processo tradicional levaria, em média, 15 minutos.

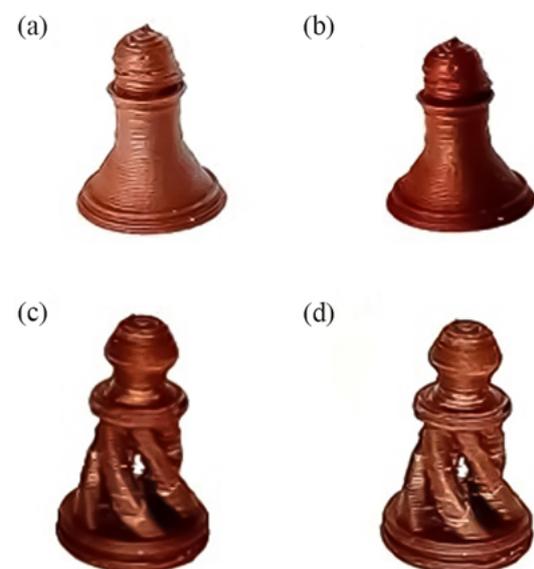
A secagem após a impressão é influenciada pela temperatura ambiente da sala de impressão, devido a isso é importante controlar, pois esse fator será responsável pelo sucesso do processo de impressão. Mantihal *et al.* (2020), em seu estudo de revisão, relata que o chocolate está em um estado semissólido, mas quando é atingida a temperatura corporal (37°C), tem característica viscosa e baixa tensão de escoamento. Também aponta que a temperatura durante o processo inteiro é de extrema importância, a temperatura de extrusão é vital para garantir a qualidade do modelo impresso, sendo essenciais um acabamento brilhante e a solidificação após a extrusão. O chocolate temperado é o mais adequado, pois solidifica rapidamente após a extrusão.

O produto elaborado no presente estudo, além de ser visualmente agradável de acordo com a análise sensorial, é considerado de alto teor de fibra, contendo 6% de fibras no produ-

to. O consumo de alimentos com considerado teor de fibra traz muitos benefícios à saúde. Segundo Candia e Dias (2014), a fibra contribui para a redução de colesterol, para o controle de açúcar no sangue, além de auxiliar nas funções do intestino e controle do peso devido à sensação de saciedade. Nirmala *et al.* (2011), em seu estudo, avaliaram as propriedades nutricionais dos brotos de bambu, o potencial e as perspectivas para a utilização como alimento saudável, esses relatam que a fibra de bambu é considerada um ingrediente natural e funcional e é uma alternativa de baixo custo, auxilia na textura e aumenta a vida útil do produto. Felisberto (2018), em seu estudo, pesquisou a aplicabilidade da fibra de bambu e relatou que a vida útil do cookie foi ampliada, uma vez que seu armazenamento não necessitou de condições especiais para manter-se apropriado ao consumo, pois a fibra de bambu não compromete o sabor ou a coloração do produto.

A Figura 3 ilustra as peças impressas em chocolate com e sem adição de fibra de bambu.

Figura 03 - Modelos 3D impressos em chocolate: (a) peão maciço chocolate; (b) peão maciço chocolate + fibra; (c) peão vazado chocolate; (d) peão vazado chocolate + fibra



É possível perceber as camadas de impressão em cada uma das peças, tanto nas maciças como nas vazadas. Além disso, os modelos impressos ficaram muito próximos ao projetado. O processo de impressão 3D é uma tecnologia incipiente, sendo necessária a coleta do maior número de dados possível. As medidas de diâmetro, altura e peso são importantes para definir a precisão da impressora 3D na construção do objeto a ser impresso. A estrutura do chocolate é influenciada pelo

peso, pois o processo de impressão ocorre em movimento transversal, camada por camada de sobreposição, sustentando sua estrutura (PEREIRA *et al.*, 2017). Quando é trabalhado com a impressão de peças mais altas pode ocorrer alguma deformação nas camadas, gerando sobreposição, que é explicada pela pressão exercida pelo seu peso nas camadas inferiores. O diâmetro projetado, o diâmetro médio, a altura e o peso das peças são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre amostras de chocolate projetadas e impressas

AMOSTRAS	DIÂMETRO PROJETADO	DIÂMETRO MÉDIO	ALTURA	PESO
PEÃO MACIÇO CHOCOLATE	20,5	33,26 ± 0,19	41,00 ± 0,19	3,98 ± 0,19
PEÃO VAZADO CHOCOLATE	20,5	33,39 ± 0,19	55,84 ± 0,19	7,97 ± 0,19
PEÃO MACIÇO CHOCOLATE + FIBRA	20,5	34,56 ± 0,19	42,21 ± 0,19	4,98 ± 0,19
PEÃO VAZADO CHOCOLATE + FIBRA	20,5	35,84 ± 0,19	51,16 ± 0,19	8,24 ± 0,19

Média ± desvio padrão de duas repetições

As peças de peão maciço e vazado, compostas por chocolate com adição de fibra, apresentam peso maior que as peças compostas somente por chocolate, isso aconteceu devido à adição da fibra que completa o modelo com sua massa, elevando o peso das peças. As peças compostas por chocolate com adição de fibra apresentam diâmetro maior quando comparadas com as peças somente com chocolate. Assim, podemos perceber que o diâmetro está relacionado com o peso das amostras, pois conforme aumenta o peso, há ampliação do diâmetro, como aconteceu no estudo realizado por Mantihal *et al.* (2017), em que o diâmetro aumenta devido à pressão que ocorre nas construções das camadas, com o aumento do diâmetro a espessura da parede expande aos poucos também

e, dessa forma, acontece o aumento do peso, isso nas peças com adição de fibra devido à maior massa. Os resultados apontam que as amostras de peões vazados pesam mais, variando de 7,97g a 8,24g, já as amostras de peões maciços apresentam pesos entre 3,98g e 4,98g, resultados já esperados, pois mesmo que projetado, o diâmetro igual à altura dos peões vazados era maior, o que influencia diretamente no peso. O diâmetro sofreu alterações durante a impressão, os diâmetros pré-determinados não foram obtidos, ocorreu uma diferença entre o diâmetro predeterminado e o diâmetro médio, em decorrência da compressão da camada inferior, influenciada pelo peso que aumentava à medida que a altura dos peões se elevou, mas as estruturas impressas em 3D permaneceram semelhantes às

pré-projetadas, mostrando que a impressora 3D é capaz de imprimir uma dimensão, mas precisa de design personalizado para as suas construções. Já Derossi *et al.* (2018), em seu estudo, relata que a impressão apresenta algumas deficiências, como falta de qualidade dos objetos, aparência dos objetos comparando com o modelo pré-projetado. Aponta que essa questão está relacionada com a escolha do sistema de design e a incapacidade da impressora de se adaptar às diferentes propriedades reológicas dos materiais alimentares, como, por exemplo, o chocolate. Desta forma, é muito difícil obter uma alta resolução de objetos comestíveis, sendo necessários mais estudos que determinem novos parâmetros. Derossi *et al.* (2020), em seu estudo em que foram analisados os efeitos do processo de impressão 3D e as propriedades mecânicas de snacks à base de cereais, relata que as amostras impressas em 3D apresentaram-se satisfatoriamente à

forma geral do modelo digital.

Lannes (1997) destaca o estudo da textura de chocolates como o principal método para avaliação do processo de fabricação dos modelos, levando em consideração a porcentagem de manteiga de cacau e de gorduras presentes na matéria-prima. Ele afirma que a textura do chocolate é influenciada pela quantidade e pelo tipo de ingredientes usados, com enfoque para a manteiga de cacau, que tem influência direta na qualidade do chocolate. Diante disso, ao trabalhar com impressão 3D é importante avaliar a influência da rigidez das peças e as possíveis rupturas que podem vir a ocorrer. Essa avaliação é realizada por meio do analisador de textura, que determina a força necessária para quebrar a amostra e no presente estudo determinou a força necessária para ocorrer a quebra do objeto, expressa em gramas (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de Textura

AMOSTRAS	RESULTADOS (G)
Peão maciço chocolate	5.011,5
Peão vazado chocolate	3.650,5
Peão maciço chocolate + fibra	>5.000,0
Peão vazado chocolate + fibra	4.108,5

As duas amostras de peão maciço apresentaram maior resistência, resultado já esperado. Mantihal *et al.* (2017) estudou o processo de impressão 3D em chocolate amargo com incorporação de potenciador de fluxo, estearato de magnésio (MgST), e obteve objetos de formas hexagonais com suporte em cruz, com suporte paralelo e sem suporte. As peças que são maciças se apresentam mais estruturadas do que as vazadas. Mantihal *et al.* (2017), em seu estudo, percebeu que peças que são mais estruturadas, ou seja, têm mais estrutura, apresentam maior resistência e podem suportar objetos mais altos. Diante disso, modelos que são maciços ou apresentam su-

portes, são mais rígidos, capazes de suportar mais peso. A fibra, além de ser um produto com apelo funcional, forneceu estrutura às peças vazadas (4.108,5g), mostrando maior resistência que as amostras de peão impressas somente com chocolate. Com esse resultado é possível definir a embalagem adequada para acondicionamento e transporte, além de ser um dado interessante de dimensionamento para novos modelos a serem estudados (VANASSI; PISSETTIB; VIEIRAC, 2013). Outro fator importante a ser avaliado é a taxa de impressão, definida pelo peso da amostra em função do tempo de impressão, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Valor médio da taxa de impressão (g/min) em função do diâmetro de construções de chocolate 3D

AMOSTRAS	DIÂMETRO (MM)	TEMPO TOTAL DE IMPRESSÃO (MIN)	TAXA DE IMPRESSÃO (G/MIN)
PEÃO MACIÇO CHOCOLATE	21,78	6	0,46 ± 0,13
PEÃO VAZADO CHOCOLATE	23,12	11	0,51 ± 0,14
PEÃO MACIÇO CHOCOLATE + FIBRA	23,11	6	0,56 ± 0,01
PEÃO VAZADO CHOCOLATE + FIBRA	23,32	11	0,53 ± 0,05

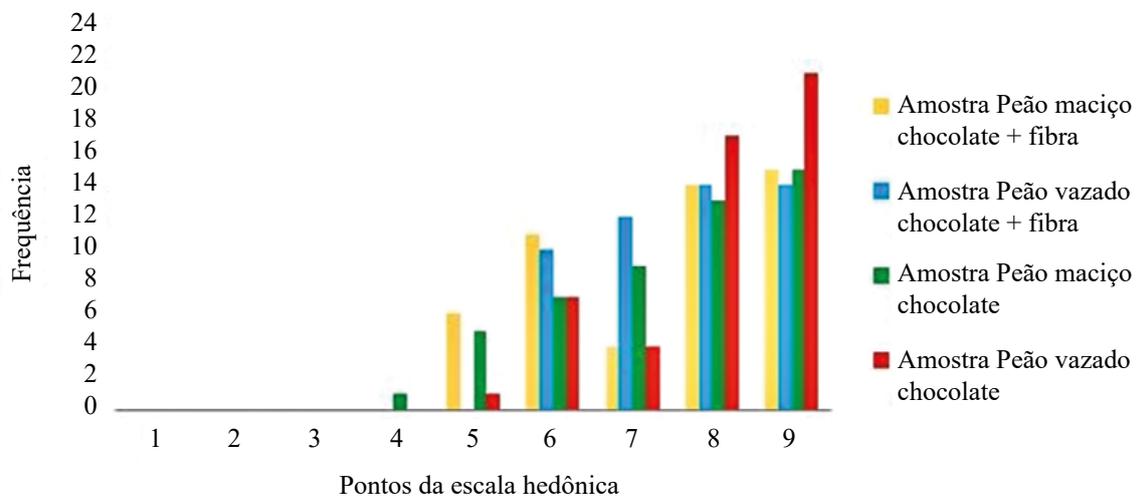
Média ± de desvio padrão de taxa de impressão das amostras

Foi possível observar que a amostra com 23,11mm de diâmetro evidenciou maior taxa de impressão (> 56g/min) comparando com a amostra com 23,32mm de diâmetro. Já o peão maciço chocolate sem fibra apresentou diâmetro menor, de 21,78mm, comparando com as outras amostras, havendo diferença na taxa de impressão comparando com as outras amostras. Durante o desenvolvimento dos piões foram verificadas falhas durante a formação das camadas, geralmente no início da impressão, gerando assim diferenças no peso dos piões e influenciando a taxa de impressão. Mantihal *et al.* (2017) avaliou a otimização da impressão 3D de chocolate, correlacionando propriedades térmicas e de fluxo com modelagem de estrutura 3D, observou que a taxa de impressão é diferente para cada amostra e que a impressão possibilita a elaboração de peças semelhantes ao pré-projetado no software 3D. Derossi *et al.* (2020) relata em seu estudo que embora seja projetada uma amostra com nível total de preenchimento, alguns vazios inesperados podem surgir durante o processo de impressão, de fato a velocidade de impressão e as propriedades reológicas do material alimentar estão intimamente relacionadas.

3.1 Avaliação visual e aceitabilidade dos modelos

Além da caracterização das peças é necessário conhecer a aceitabilidade do consumidor, com isso, a análise sensorial visual é um parâmetro importante. Do total de 50 avaliadores, 22 relataram que consomem chocolate semanalmente e apenas quatro assumiram ter o hábito de consumir chocolate diariamente, além disso, os consumidores buscam cada vez mais chocolates saudáveis e de formatos inusitados. Os valores médios atribuídos estão mais próximos dos valores máximos do que dos valores mínimos estabelecidos como referência para avaliação (Tabela 4), mostrando boa aceitação do avaliador. A Figura 4 apresenta a frequência de aceitação do produto.

Figura 04 - Histograma de frequência baseado na escala hedônica



Conforme observado no histograma de frequência dos dados obtidos na análise sensorial com escala hedônica de nove pontos, é possível constatar que todas as amostras tiveram mais avaliações com notas 8 e 9, especialmente a amostra peão vazado chocolate, que teve melhor aceitação, conforme mostra a tabela. Segundo o teste de Tukey, apenas a amostra de peão vazado chocolate diferiu estatisticamente das demais. Pelo arredon-

damento da média, essa amostra foi avaliada como Gostei Muito, enquanto as demais ficaram entre Gostei Moderadamente e Gostei Muito. A análise visual indica que, de modo geral, todas as amostras foram bem aceitas, e o peão vazado se sobressaiu do restante, apresentando média mais alta. O sabor não foi avaliado, pois o projeto não foi submetido ao comitê de ética.

Tabela 4 - Resultados obtidos no teste afetivo para avaliação visual dos modelos

AMOSTRA	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO ESCALA HEDÔNICA
Peão maciço chocolate	(7,46 ± 2,01)b
Peão vazado chocolate	(8,0 ± 1,26)a
Peão maciço chocolate + fibra	(7,42 ± 2,04)b
Peão vazado chocolate + fibra	(7,54 ± 2,05)b

*Resultado expresso como média ± desvio padrão; resultados seguidos por letras iguais não diferem significativamente ao nível de 5% de confiança pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

De acordo com a tabela pode-se observar que o peão vazado sem fibra apresenta diferença significativa das demais peças, isso pode ser explicado porque a impressão ficou melhor e isso impactou na percepção visual dos avaliadores.

4. CONCLUSÃO

A tecnologia 3D traz um grande impacto na produção de alimentos, pois o 3D pode personalizar as necessidades dos consumidores com base em suas preferências e

expectativas. Neste estudo, foram desenvolvidos quatro protótipos, dois somente chocolate e dois de chocolate com fibra de bambu, com o intuito de agregar valor e apresentar uma nova alternativa de produtos com teores de fibra elevados. Os modelos foram elaborados no formato de peças de xadrez, vazados e maciços, com a finalidade de chamar a atenção dos consumidores, além de avaliar a importância da estrutura da peça impressa em 3D, principalmente quando se trata de um material de impressão como o chocolate, que é alterado devido à temperatura em que está armazenado. Esses dados podem ser utilizados como indicativo para armazenamento e transporte do produto.

Com os resultados obtidos da análise sensorial pode-se afirmar que as amostras, de modo geral, se apresentaram viáveis para o atributo visual, destacando-se a peça peão vazado chocolate, que teve maior pontuação, além de se caracterizarem como fonte de fibras, tornando-se uma alternativa saudável para os consumidores de chocolate. Diante disso, a impressão 3D apresenta-se como uma alternativa viável na gourmetização, podendo ser aplicada em alimentos, conceito esse aliado à Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- AMARO, M. As impressoras 3D vão mudar o mundo e estes setores já estão se adaptando. **VocêRH**, 2019. Disponível em: <https://voce-sa.abril.com.br/mercado-vagas/as-impressoras-3d-vao-mudar-o-mundo-e-esses-setores-ja-estao-se-adaptando/>. Acesso em: 7 dez. 2020.
- BERGO, P. L. S. *et al.* **Transformando desperdício de alimentos em indulgência com o uso de novas tecnologias**, 2019.
- CÂNDIA, A. D. E. S.; DIAS, I. P. **Formulação, Caracterização e Análise Sensorial de Chocolate com Adição de Okara**. [S. l.], p. 36, 2014.
- CHONGTHAM, N.; SINGH, M.; HAORONGBAM, S. **Propriedades nutricionais dos brotos de bambu: potencial e perspectivas para utilização como alimento saudável**. [s. l.], v. 10, p. 153–169, 2011.
- DEROSSI, A. *et al.* Application of 3D printing for customized food. A case on the development of a fruit-based snack for children. **Journal of Food Engineering**, 65-75, 2018.
- DEROSSI, A. *et al.* Analyzing the effects of 3D printing process per se on the microstructure and mechanical properties of cereal food products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 66, 2020.
- FELISBERTO, M. H. F. **Characterization and evaluation of flour and starch of young culm of *Dendrocalamus asper*, *Bambusa tuldoidea* and *Bambusa vulgaris* for cookie application**. Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos. [s. l.], 2018.
- LANNES, S. **Estudo das Propriedades Físico-Químicas e de Textura de Chocolates**. [S. l.], p. 99, 1997.
- LEE, J. M.; YEONG, W. Y. A preliminary model of time-pressure dispensing system for bioprinting based on printing and material parameters: This paper reports a method to predict and control the width of hydrogel filament for bioprinting applications. **Virtual and Physical Prototyping**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 3–8, 2015.

- MAGALHÃES, I. M. C. **Efeito da Adição de Extensores à Base de Fibras sobre as Propriedades Físico-Químicas e Sensoriais de Mortadelas Reduzidas de Cloreto de Sódio e Livres de Tripolifosfato de Sódio.** Disponível em: webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:d6Ls_G3XDMMJ:repositorio.MA. Acesso em:
- MANTIHAL S. *et al.* Optimization of chocolate 3D printing by correlating thermal and flow properties with 3D structure modeling. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 44 (Suppl. C) p. 21-29, 2017.
- MANTIHAL, S.; KOBUN, R.; LEE, B. B. 3D food printing of as the new way of preparing food: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, [s. l.], v. 22, p. 1–10, 2020.
- NTIHAL, S. *et al.* Optimization of chocolate 3D printing by correlating thermal and flow properties with 3D structure modeling. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 44, p. 21–29, 2017.
- PEREIRA, D. D. *et al.* **Tecnologias de prototipagem rápida: uma experimentação com diferentes técnicas e materiais.** [S. l.], p. 717–727, 2018. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/cid2017/62.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2020.
- SENA, M. A.; SAMPAIO, R. M. M. **Elaboração de um chocolate enriquecido com fibras da farinha da casca do maracujá.** Making of a chocolate enriched with fibers from passion fruit peel flour. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.revistanutrivisa.com.br/wp-content/uploads/2018/04/nutrivisa-vol-4-num-1-01.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2020.
- SILVA, T. G. **Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto Rodoviário.** [S. l.], 2016. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/196/1/MONOGRAFIA_An%C3%A1liseViabilidadeEcon%C3%B4mica.pdf. Acesso em: 5 dez. 2020.
- STRACHOSKI, P. **Análise de viabilidade econômica de um projeto de investimento em uma indústria de artefatos de cimentos.** [s. l.], p. 60, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/545/1/Patr%C3%adcia%20Strachoski%20.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2020.
- UEDA, R. M. *et al.* **Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de um Empreendimento do Setor Alimentício com o uso de Técnicas Determinísticas.** 2011. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_240_390_31887.pdf. Acesso em: 8 dez. 2020.
- VANASSI, L. B.; VIEIRA, G. B. B.; PISSETTI, R. F. Embalagem do Chocolate do Parke: O Emprego da Análise View na Identificação de Oportunidades de Design (p. 35-48). **Revista Imagem**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1–13, 2010. Disponível em: <http://ojs.fsg.br/index.php/revistaimagem/article/view/1217>. Acesso em: 8 dez. 2020.