

ORA PRO NÓBIS PARA RAÇÃO MILITAR FABRICADA VIA MANUFATURA ADITIVA

Autores:

Thalita Naressi Gonçalves¹

Filipe Wiltgen²

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta de estudos futuros sobre uma inovadora cadeia de produção de alimentos e suplementos a base de Ora Pro Nóbis (Planta Alimentícia Não Convencional - PANC) através da manufatura aditiva (MA) por impressão 3D diante a construção de alimentos para ração humana na forma seca de biscoitos de proteínas vegetais. A alimentação no futuro será personalizada e construída de acordo com a necessidade de cada um. Entretanto, isso só será possível se forem processados e construídos nas proporções corretas. Sabe-se que a proteína vegetal possui boa característica e propriedade termomecânica em aplicações como na MA. Desafios em como manter o alimento fabricado longe de absorção de umidade dependerá não só do tipo de embalagem, mas também dos processos envolvidos na fabricação 3D. No decorrer deste artigo tem-se a investigação do potencial da farinha de Ora Pro Nóbis como ingrediente para ração militar via impressão 3D, explorando suas propriedades nutricionais e viabilidade tecnológica. A manufatura aditiva surge como peça-chave para construir alimentos em camadas, otimizando a matéria-prima e reduzindo custos, embora os desafios na escolha dos insumos e no pré e pós-processamento exijam melhorias. Esta PANC se destaca dado o alto valor nutricional, baixo custo e uma alternativa à proteína animal, sendo uma candidata promissora para rações militares por sua versatilidade culinária e contribuição à recuperação muscular ajudando no desempenho físico de soldados.

Palavras chaves: Ora Pro Nóbis. Manufatura Aditiva. Alimentos Impressos. Impressão 3D. Proteínas Vegetais.

ORA PRO NÓBIS FOR MILITARY RATIONS MANUFACTURED VIA ADDITIVE MANUFACTURING

Abstract

The objective of this paper is to present a proposal for future studies on an innovative food and supplement production chain based on Ora Pro Nóbis (Non-Conventional Food Plant - NCFP) through additive manufacturing (AM) by 3D printing for construction of foods for human ration in dry form of vegetable protein biscuits. Food in the future will be personalized and built according to each person's needs. However, this will only be possible if they are processed and built in correct proportions. It is known that vegetable protein has good characteristics and thermomechanical properties in applications such as AM. Challenges in how to keep the manufactured food away from moisture absorption will depend not only on type of packaging, but also on processes involved in 3D manufacturing. Throughout this paper, potential of Ora Pro Nóbis flour as an ingredient for military rations via 3D printing is investigated, exploring its nutritional properties and technological feasibility. Additive manufacturing has emerged as a key element in building layered foods, optimizing raw materials and reducing costs, although challenges in selecting inputs and in pre- and post-processing require improvements. This

¹ Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté – UNITAU. E-mail: tha_naressi@hotmail.com

² Doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação para Fusão Termonuclear Controlada pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica –ITA e docente na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo -FATEC Pindamonhangaba e Cruzeiro. ORCID 0000-0002-2364-5157. E-mail: (1) filipe.wiltgen@fatec.sp.gov.br (2) profwiltgen@gmail.com

NCFP stands out due to its high nutritional value, low cost and as an alternative to animal protein, being a promising candidate for military rations due to its culinary versatility and contribution to muscle recovery, helping soldiers' physical performance.

Keywords: *Ora Pro Nóbis. Additive Manufacturing. Printed Foods. 3D Printing. Vegetable Proteins.*

INTRODUÇÃO

A Ora Pro Nobis (*Pereskia aculeata* Miller), é uma planta alimentícia não convencional nativa brasileira que se propaga facilmente pelo solo e seu cultivo apresenta baixa incidência de doenças nas plantas, assim como, de demanda hídrica. Por ser fonte de proteína vegetal (podendo substituir a proteína animal), vitamina A, vitamina C, ácido fólico, magnésio, cálcio, zinco, manganês, triptofano (TAKEITI, *et al.*, 2009).

A planta é inodora e de palatabilidade neutra se torna um objeto de estudo bem interessante na área da ciência da nutrição, saúde pública e na inovação para tecnologia da alimentação moderna. Pelo seu potencial, a PANC (Planta Alimentícia Não Convencional) tem chamado atenção dos pesquisadores dado sua adaptabilidade e baixo custo de produção.

As folhas de Ora Pro Nóbis são comestíveis versáteis podendo ser utilizadas em várias preparações, receitas, suplementos, enriquecimento de alimentos, desenvolvimento de novos produtos a até mesmo como farinha para ração humana.

A produção de alimentos e suplementos a base de proteínas vegetais desperta para novas ideias de negócios como na alimentação moderna em indústrias alimentícias baseadas em novas tecnologias.

A Manufatura Aditiva (MA), que é frequentemente chamada de impressão 3D e de prototipagem rápida. Esta técnica refere-se a um conjunto de processos que produzem peças a partir da *adição* de materiais, geralmente através da camada sobre camada (WILTGEN, 2019). A MA abrange processos de produtos com tecnologias de fabricação muito diferentes de peças e projetos disruptivos em diversos setores tais como automotivo, aeroespacial, construção civil e biomateriais, assim como, no setor farmacêutico e alimentício (WILTGEN, 2021; SHIRAZI *et al.*, 2020; PULATSU e LIN, 2021).

A proteína vegetal em impressão em 3D se apresenta como uma boa alternativa para a ingestão de proteínas em aplicações na forma de materiais pastosos via MA, que depois de construídas fisicamente no formato desejado em 3D, podem ser secas em fornos e embaladas a vácuo. Possuem forte potencial para o uso na impressão 3D, especificamente no contexto do processo de extrusão de materiais dado as características termomecânicas, porém apresenta um desafio em sua utilização devido a absorção de umidade uma das propriedades constituintes da

planta, que deve ser elucidado diante a mais estudos referentes a modificações químicas e físicas do material nativo e seu condicionamento a vácuo em embalagens comumente utilizadas em alimentos secos. Durante os testes em 3D é fundamental uma maior caracterização do material específico para a aplicação direta na forma de impressão 3D para proteínas vegetais (SIMON, *et al.* 2021).

Diante a infinita variedade de suplementos existentes no mercado de alimentação, o suplemento em pó com Ora Pro Nóbis, contém valores significativos de nutrientes apresentando resultados satisfatório em teor de nutrientes de acordo com a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para indivíduos adultos (SANTANA *et al.*, 2018).

No campo da alimentação, a impressão 3D oferece oportunidades para produzir refeições personalizadas que atendem a necessidades nutricionais específicas. Esse avanço beneficia grupos como idosos, atletas e pacientes com restrições alimentares, proporcionando maior controle sobre o valor nutricional dos alimentos.

A utilização de aditivos alimentares, como hidrocolóides (açúcares, amidos e proteínas), aumenta a capacidade de impressão e aprimora a textura e o design dos produtos, facilitando a criação de alimentos inovadores e funcionais (WILTGEN, 2021; LEONTIOU *et. al.*, 2023; SUN *et al.*, 2015).

Juntamente com esses estudos que vem sendo conduzidos a respeito da funcionalidade de alimentos e suplementos a base das proteínas vegetais, trazer a tecnologia da MA para a construção de alimentos impressos em 3D, como o protótipo de biscoitos de proteínas vegetais para futuras produções de ração humana para soldados em missões de combates, situações de conflitos ou emergenciais, através da comida impressa, que virá através de sinais de sensores biométricos na forma de adesivos aderidos a pele humana, sem perder a qualidade, aparência, cheiro e gosto dos alimentos de hoje, é o desafio que a modernidade da tecnologia nos traz.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo propor a viabilidade de estudos futuros que explorem o uso da farinha de Ora Pro Nóbis no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, utilizando a tecnologia de impressão 3D por meio da MA para atender às demandas específicas de rações militares, aliando inovação tecnológica e nutrição de alta densidade energética.

2. NECESSIDADES E LOGÍSTICA ALIMENTARES PARA COMBATENTES

O transporte e armazenamento de produtos é uma etapa essencial da logística de operações da indústria alimentícia. O crescimento da população no mundo é um grande desafio, para o planejamento da produção e transporte de alimentos. A produção de alimentos é

fundamental para que esse desafio possa desenvolver de forma assertiva a tecnologia logística da cadeia da fabricação de alimentos (produção, armazenagem, distribuição e ao transporte de alimentos) (MACEDO e JÚNIOR, 2017).

A alimentação do futuro será personalizada e construída de acordo com a necessidade de cada um. Principalmente em situações de conflitos, combates e emergenciais, para suprir a demanda nutricional e energética individual. As forças armadas preveem a utilização destes alimentos para soldados em campo de batalha, o fornecimento de alimentos de acordo com suas necessidades nutricionais específicas e recomendadas para cada soldado. O alimento pronto para a utilização será entregue via drones (Veículo Aéreo Não Tripulado) para o campo de batalha (WILTGEN, 2021).

Na Figura 1, tem-se uma representação do futuro da alimentação militar das forças armadas dos EUA até 2035, ilustrando o uso integrado de sensores biométricos, manufatura aditiva de alimentos e veículos aéreos não tripulados (UAVs).

Figura 1 - Futuro da alimentação militar das forças armadas dos EUA até 2035 em campo de batalha utilizando manufatura aditiva de alimentos.



Fonte: Wiltgen (2021).

A utilização de sensores biométricos na forma de adesivos que aderem a pele humana, permitirá entender quais os tipos de alimentos e suplementos alimentares (como compostos vitamínicos e medicamentos), que serão necessários adicionar no alimento a ser construído em 3D (WILTGEN, 2021).

Apesar de vários entraves que o transporte da alimentação possui hoje, no futuro próximo com dispositivos como drones (veículos não tripulados) terrestres e aéreos a logística em transporte de alimentos irá depender apenas do investimento em infraestrutura e novas tecnologias para aumentar as capacidades de distribuição e produção do setor de alimentos e suas demandas.

3. MANUFATURA ADITIVA NA CONSTRUÇÃO DE ALIMENTOS

A MA se refere a um conjunto de processos que produzem objetos a partir da *adição* de materiais, construindo camada sobre camada. O que difere a MA da MS (manufatura subtrativa ou convencional) é o método de fabricação, sendo que na MS, existe a retirada sucessiva de material de um bloco para que um determinado objeto seja esculpido (WILTGEN, 2019; POSADA; RODRIGUEZ; ALVARES, 2019).

O objeto a ser confeccionado em MA é feito através de um empilhamento de camadas de forma consecutiva, conforme a necessidade de atender os planos *X* (comprimento), *Y* (largura) e *Z* (altura), dimensões essas comumente chamadas de 3D (WILTGEN, 2019).

A impressão em 3D, baseada na técnica de MA, geralmente inclui um processo realizado em várias etapas. Primeiramente o modelo 3D é gerado com o uso de um programa de desenho assistido por computador (*CAD*) na posição geométrica (*X*, *Y* e *Z*) necessárias para que seja construído o objeto no formato e tamanho necessário e depois é convertido em um arquivo do tipo *STL* (*Standard Tessellation Language*) para que a impressora 3D possa ler e entender a geometria do objeto. Em seguida, o modelo do objeto em 3D é fatiado em várias camadas para a extrusão do material, ou seja, depositar a matéria-prima na posição geométrica necessária para a impressão na impressora 3D, e por fim, é realizado o pós-processamento para o acabamento do objeto/alimento impresso em 3D, se for necessário (WILTGEN, 2021; CRISOSTOMO and DIZON, 2021).

A grande variedade de matérias-primas para ser testadas e utilizadas na preparação da construção de alimentos em 3D (como matriz estrutural) é um dos pontos mais fortes da tecnologia das indústrias alimentícias. Com relação aos tipos de matrizes, características e propriedades reológicas (estudo do fluxo e mudança de forma da matéria, a viscosidade se destaca, com relação a outras: plasticidade, elasticidade e escoamento), devido a formação de camadas, princípio mais importante na construção do alimento em 3D (WILTGEN, 2021).

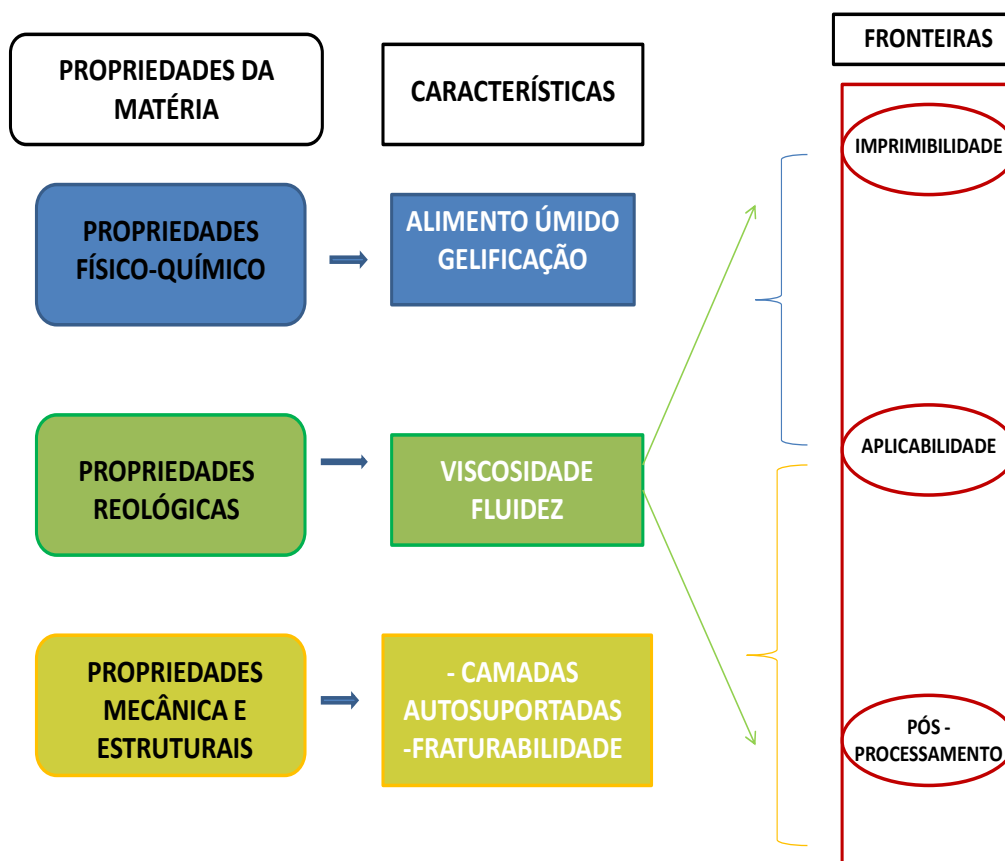
É possível identificar as limitações das propriedades envolvidas na construção do alimento em 3D (físico-químicas, reológicas, mecânicas e estruturais), sendo elas os fatores que determinam o que pode ser impresso, como pode ser feito e principalmente qual a matéria-prima deve ser utilizada na fabricação.

Na Figura 2, pode se observar que as características entre as propriedades mecânicas e estruturais estão diretamente ligadas com a forma que será dada ao alimento, e por isso as fronteiras das interfaces são os pós processamento do alimento e a aplicação de destino

(aplicabilidade), ambos relacionados a impressão 3D e interligada com as propriedades físico-químicas e reológicas.

Um dos atributos positivos da MA é a economia de matéria-prima e redução do custo de produção, principalmente quando se trata de uma escala pequena e esse fato se torna atrativo para as indústrias alimentícias, que estão apostando nessa área para o crescimento da alimentação moderna, como é o caso da construção de alimentos impressos em 3D, sejam eles doces, bolos ou biscoitos personalizados.

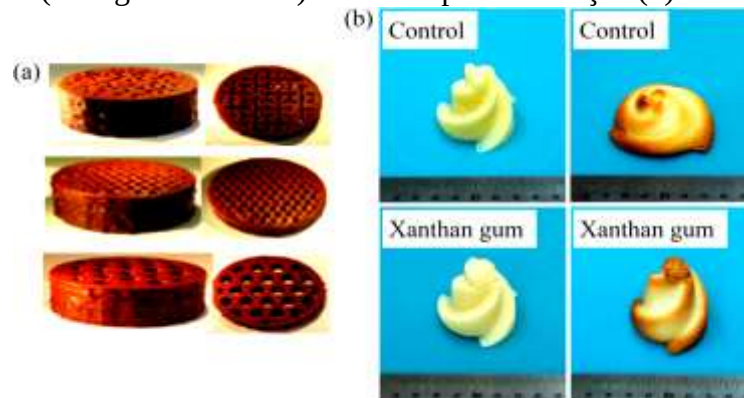
Figura 2 – Propriedades importantes de manufatura aditiva em alimentos.



Fonte: Adaptado de Wiltgen (2021).

Na Figura 3 é possível observar diferentes padrões estruturais aplicados a chocolates enriquecidos impressos com esterol vegetal (a), demonstrando a versatilidade da manufatura aditiva na criação de formas complexas. Além disso, na imagem (b) ilustra-se o efeito da adição de goma *xantana* na estrutura da massa de biscoito antes e depois da cocção, evidenciando como esse aditivo influencia na estabilidade e manutenção da forma do produto após passar pelo processo térmico.

Figura 3 - Chocolate com esterol vegetal em pó e diferentes tipos de padrões (a). Massa de biscoito (com goma *xantana*) antes e depois da cocção (b).

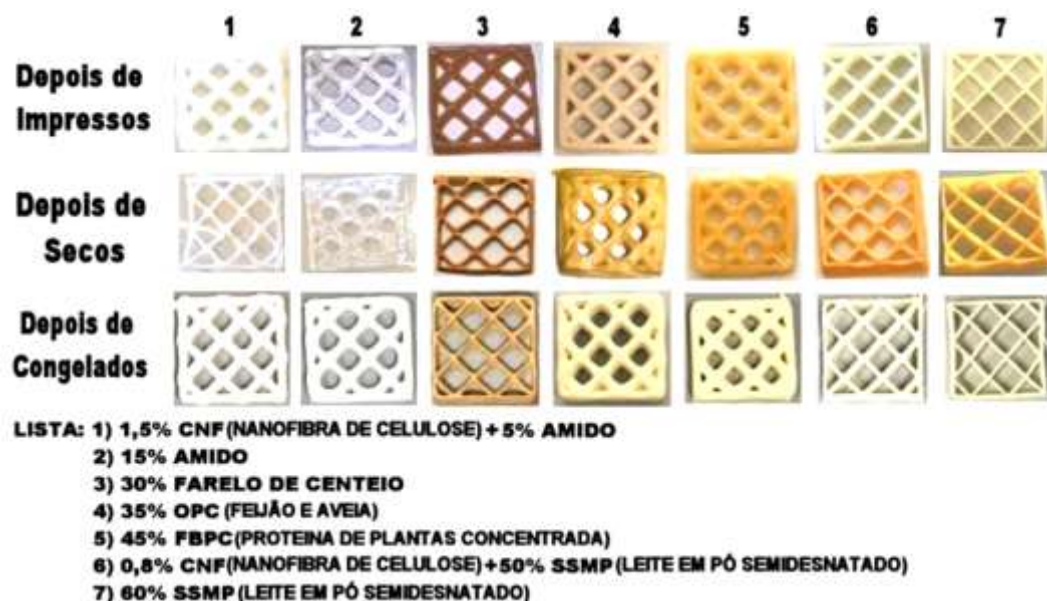


Fonte: Adaptado de Mantihal, Prakash e Bhandari (2018) e Kim *et al.* (2019).

As fases de pré e pós processamento dos alimentos impressos em 3D, podem sofrer influências de acordo com a variação das técnicas construtivas mediante aos tipos e modelos, além das técnicas utilizadas em cada máquina de MA (WILTGEN, 2021).

Na Figura 4 são apresentados alimentos fabricados por manufatura aditiva em três diferentes fases: após a impressão, após a secagem e após o congelamento. A imagem evidencia as variações estruturais e visuais das amostras em função de suas composições, incluindo diferentes percentuais de amido, farelo de centeio, proteínas vegetais, leite em pó semidesnatado e nanofibras de celulose. Esses fatores influenciam diretamente na estabilidade, textura e aplicabilidade dos alimentos produzidos via impressão 3D.

Figura 4 – Alimentos fabricados com manufatura aditiva em três diferentes fases (impressos, secos, congelados e suas respectivas composições).



Fonte: Wiltgen (2021).

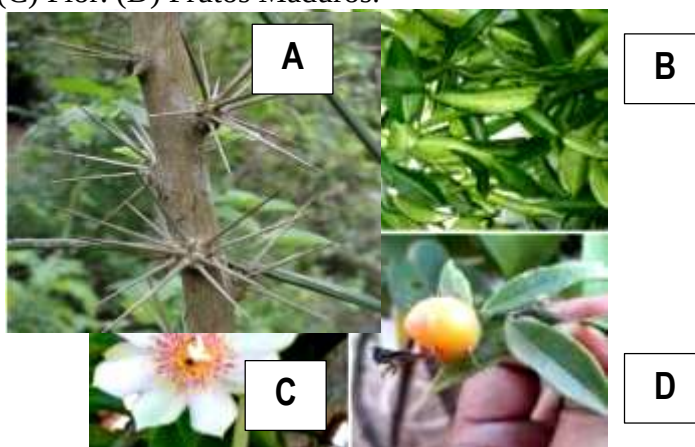
As expectativas e vantagens que a indústria alimentícia com a promissora tecnologia de MA empregada na construção de alimentos 3D, como também, no que diz respeito ao próprio avanço na impressão 3D em alimentos e suplementos permite vislumbrar diversas aplicações destas técnicas no futuro.

4. ORA PRO NÓBIS E SUAS CARACTERÍSTICAS ALIMENTARES

No cenário nacional existem diversas plantas que podem ser PANCs que estão sendo foco de diversos estudos no âmbito de desenvolvimento de produtos alimentícios, como é o caso da *Pereskia Aculeata Miller* ou Ora Pro Nobis, por ser fonte de proteína vegetal capaz de substituir a proteína animal (TAKEITI, *et al.*, 2009; RIBEIRO, 2014). A PANC tem chamado atenção dos pesquisadores e técnicos pela sua adaptabilidade e baixo custo de produção. As folhas de Ora Pro Nóbis são comestíveis versáteis podendo ser utilizadas em várias preparações, receitas, suplementos, enriquecimento de alimentos, desenvolvimento de novos produtos a até mesmo como farinha para ração humana.

Na Figura 5, tem-se a representação morfológica da planta Ora Pro Nóbis (*Pereskia aculeata Miller*), destacando suas principais características botânicas. A imagem (A) apresenta o caule lignificado com acúleos (espinhos em forma de agulha), conferindo proteção natural à planta. Na imagem (B), são ilustradas suas folhas comestíveis, amplamente utilizadas na alimentação humana. A imagem (C) exibe a flor da planta, de coloração clara e com estrutura atrativa para os polinizadores. Por fim, (D) mostra os frutos maduros, que possuem alto potencial nutricional, os quais desempenham um papel essencial no ecossistema e na alimentação de animais frutívoros.

Figura 5 - Ora Pro Nóbis. (A) Caule lignificado com espinhos em forma de agulha. (B) Folhas. (C) Flor. (D) Frutos Maduros.



Fonte: Santana *et al.* (2018).

Essa PANC é fonte de fibras insolúvel e pode ser indicada para o tratamento de indivíduos que precisem de dietas hipocalóricas e hipocolesterolêmicas. Em estudos com o pó do vegetal (Ora Pro Nóbis seco) foi constatado elevados teores de proteínas (~24,73%) e minerais, especialmente o cálcio (~3.800mg/100g) e ferro (~28,12mg/100g) (SILVA; PINTO, 2005). Ademais, é livre de alérgenos, glúten, pesticidas e é digerido mais rapidamente pelo corpo, tornando essa fisiologia do processo digestivo mais facilitado, e também, de baixo custo (RODRIGUES, 2016).

O extrato da folha de Ora Pro Nóbis apresentou valores relevantes de capacidade antioxidante, devido ao seu potencial de compostos fenólicos (total de dez), como os dois ácidos fenólicos (derivados do ácido cafeico) e oito flavonoides (GARCIA *et al.*, 2019).

A atividade antimicrobiana demonstrada pelo extrato contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas indica a presença de um amplo espectro de fito químicos com atividade antibiótica, podendo ser utilizado na fabricação de medicamentos e suplementos alimentares para portadores de patologias infecciosas por exemplo.

Diante a infinita variedade de suplementos existentes no mercado de alimentação saudável atual (SANTANA *et al.*, 2018), que o suplemento em pó com Ora Pro Nóbis, contém valores significativos de nutrientes em 100 gramas de produto em pó: sendo proteína (~27,06g/100g), fibras totais (~28,70g/100g), Vitamina C (~42,35mg/100g), Ácido Fólico (~9,88 mg/100g), além de Compostos fenólicos (~132,00mg/EAG*/100g) - sendo *EAG: Equivalente ácido gálico e alta Atividade Antioxidante (~89,76%), o que corresponde a resultados satisfatório em teor de nutrientes de acordo com a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para indivíduos adultos.

O gênero *Pereskia* e a subfamília da *Pereskioideae* são considerados antecessores da família dos cactos e abrangem uma infinita variedade de espécies, incluindo arbustos folhosos e plantas arbóreas.

É uma planta nativa da América do Sul e adaptada apenas para baixas altitudes. (GARCIA *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2019). Dentre os destaques mais relevantes de suas características observa-se o fato de ser uma das poucas cactáceas que apresenta folhas verdadeiras, com grande potencial para o uso alimentício, especialmente como hortaliça.

Os frutos do Ora Pro Nóbis também desempenham um papel fundamental na alimentação de animais silvestres frugívoros, sendo particularmente relevantes durante a frutificação em períodos de seca, quando outras fontes alimentares ficam limitadas. Essa interação representa uma importante relação na simbiose da protocooperação, onde o animal, ao consumir os frutos, dispersa as sementes nas fezes, o que favorece a propagação e

preservação da planta em áreas distantes (EMBRAPA, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

No que diz respeito a forma de colheita da PANC, pode ser realizada de duas maneiras: tanto das folhas individuais, a partir de 10 cm de comprimento, quanto das hastes, que são desfolhadas em galpões. A coleta das hastes, compostas por folhas e pecíolos, ocorre entre 90 e 120 dias após o plantio, quando as plantas atingem o tamanho ideal, geralmente a partir de 80 cm. Cada planta pode gerar de 1 a 2 kg de folhas por corte, rendendo até 8 colheitas anuais, o que resulta em uma produção de 20 a 40 toneladas por hectare por ano. Esse ciclo produtivo pode se estender por mais de 10 anos, dependendo das condições de cultivo (EMBRAPA, 2017).

Na Figura 06, pode-se observar as características morfológicas da Ora Pro Nóbis segundo sua biologia, com destaque especial para seu caule “espinhoso” conhecidos tecnicamente como acúleos, os quais interferem diretamente na forma de colheita da PANC.

Figura 6 - Caule herbáceo de Ora Pro Nóbis com presença de acúleos aos pares (A), caule sublenhoso com acúleos e início da formação dos espinhos (B), e caule semilenhoso com presença de espinhos (C)



Fonte: Ubiramar Calvacante (2016).

A demanda por alternativas vegetais à proteína animal tem crescido globalmente, atendendo também sua aplicação em situações mais extremas, como em missões de combate de soldados e em emergências envolvendo desastres ambientais, climáticos e tecnológicos, beneficiando tanto militares quanto civis.

O uso medicinal das folhas, desde a medicina popular até estudos mais detalhados, é outro aspecto relevante da Ora Pro Nóbis. Há séculos, essas folhas são empregadas no

tratamento de distúrbios renais, cicatrização de feridas e no alívio de processos inflamatórios (GARCIA *et al.*, 2019).

Seu potencial nutricional e tecnológico, tem despertado crescente atenção no meio científico. Essa planta pode ser incorporada a diversos produtos, como alimentos e bebidas, enriquecendo-os com sua composição rica em proteínas e minerais. Além disso, a PANC pode ser utilizada em suplementos alimentares. Devido a mucilagem presente nas folhas suculentas da planta, ela se torna um componente valioso na indústria de alimentícia, sendo aplicada para melhorar a viscosidade e a textura de alimentos.

5. IMPORTÂNCIA DA ORA PRO NOBIS PARA A RAÇÃO MILITAR

O termo alimento deriva do latim *alimentum* e se refere a cada uma das substâncias sólidas ou líquidas que nutrem os seres vivos.

O alimento permite a homeostase a manutenção das funções metabólicas do corpo e serve para a produção de energia. É deles que extraímos os nutrientes que se fazem vitais a saúde global de qualquer ser vivo.

Desde a pré-história a alimentação se faz presente na rotina diária de cada ser humano. Tradicionalmente, seres humanos caçam os animais para posteriormente se nutrirem como alimento. Historicamente, a descoberta do fogo se tornou um divisor de águas para transformação dos alimentos.

Em outros cenários, como em pós Guerra no qual ocorre a transformação alimentar da população, que surgiu da inovação para entregar mantimentos básicos às tropas, que fossem fáceis de transportar e que atendessem às necessidades de nutrição dos soldados.

Atualmente, são muito raros os artigos científicos que abordam a utilização da Ora Pro Nóbis (*Pereskia Aculeata Miller*) em rações militares. No entanto, diversos estudos destacam o potencial nutricional desta planta, sugerindo sua possível aplicação em dietas de alta demanda energética, como as de militares em missões (ROLLO; PIRES, 2016).

Embora faltem mais estudos específicos sobre a aplicação da Ora Pro Nóbis em rações militares, as características nutricionais e funcionais da PANC indicam que ela pode ser uma candidata promissora para o desenvolvimento de alimentos destinados a militares, pois a planta é reconhecida pelo seu elevado teor de proteínas e aminoácidos essenciais com alto valor nutricional agregado, além de fibras, vitaminas e minerais, como ferro e cálcio, que são fundamentais para a manutenção da saúde e do desempenho físico em situações de alta exigência metabólica (MACIEL, *et. al.*, 2021; DIAS *et al.*, 2018).

Além disso, a presença de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e anti-

inflamatórias na Ora Pro Nóbis pode auxiliar na recuperação muscular e na redução do estresse oxidativo decorrente de atividades físicas intensas. Sua versatilidade culinária permite a incorporação em diversas preparações alimentícias, facilitando a adaptação às necessidades específicas de diferentes grupos militares.

A inclusão da Ora Pro Nóbis em dietas militares não apenas atenderia às demandas nutricionais elevadas, mas também contribuiria para a diversificação alimentar e a sustentabilidade, considerando sua fácil cultivabilidade e resistência a condições adversas (ROWAT *et al.*, 2021; XAVIER, *et. al*, 2022). Portanto, a exploração de seu potencial em rações militares representa uma oportunidade valiosa para aprimorar a nutrição e o desempenho das forças armadas.

6. DISCUSSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Existem inúmeros desafios no que diz respeito a viabilizar a escala de alimentos em 3D. Diante a diversidade e as possibilidades da MA para alimentos impressos em 3D com base em produção de alimentos fontes de proteínas vegetais. Entender a aplicabilidade da proposta em produzir de forma eficiente e sustentável, substitutos de proteína animal a base da cactácea nativa Ora Pro Nóbis para uma população específica, será uma grande conquista, não só por parte da engenharia e tecnologia de alimentos, como por parte da nutrição e da engenharia moderna.

A confecção de alimentos enriquecidos com produtos vegetais visa a redução de carências nutricionais humana, além de unir a tecnologia da MA para a construção de alimentos impressos em 3D, como a construção do protótipo de biscoitos de proteínas vegetais para futuras produções de ração humana para soldados em missões de combate como uma forma de comida impressa será revolucionária.

O campo de materiais alimentícios para impressão e construção de suplementos nutricionais, assim como, de medicamentos para militares da forças armadas e tropas em campos de batalha em todo mundo, atende uma demanda muito antiga de manter as tropas bem nutridas.

Diante da pesquisa, pode-se afirmar que existem inúmeras vantagens em aplicar a tecnologia de MA e impressão 3D para construção de alimentos, não só em situações de combates, guerras e emergência, mas também, em situações de riscos e vulnerabilidade alimentar, como em condições de escassez de alimentos, fontes insalubres ou de difícil acesso, tanto quanto ao apelo para o consumo de alimentos mais saudáveis e que possam melhorar a qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- CRISOSTOMO, J., DIZON, J. **3D Printing Applications in Agriculture, Food Processing, and Environmental Protection and Monitoring.** Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET). p.02-07, 2021.
- DIAS, R., DURIGAN, M.F., GUIMARÃES, P. **Potencial do Uso da Pereskia Aculeata Mil na Segurança Alimentar em Comunidades de Situação de Risco E Vulnerabilidade Social.** VI Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável. Viçosa/MG, 20-21 de setembro. p.01-03, 2018.
- EMBRAPA **Hortaliças Não Convencionais e Hortaliças Tradicionais: Ora Pro Nóbis.** Revista eletrônica Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. 02p.
- GARCIA, J.A.A., CORRÊA, R.C.G., BARROS, L., PEREIRA, C., ABREU, R.M.V., ALVES M.J., CALHELHA R.C., BRACHT A., PERALTA R.M., FERREIRA I.C.F.R. **Phytochemical Profile and Biological Activities of 'Ora Pro Nobis' Leaves (Pereskia Aculeata Miller), an Underexploited Superfood from the Brazilian Atlantic Forest.** Food Chem. v.1(294), p.302-308, 2019.
- LEONTIOU, A., GEORGOPOULOS, S., KARABAGIAS, V.K., KEHAYIAS, G., KARAKASSIDES, A., SALMAS, C.E., GIANNAKAS, A.E. **Three-Dimensional Printing Applications in Food Industry.** Nanomanufacturing. v.3, p.91-112, 2023.
- MACEDO, E., JÚNIOR, N. **A Importância Do Planejamento Logístico com Foco no Crescimento da Demanda da Cadeia Produtiva de Alimentos até 2050.** Refas - Revista Fatec Zona Sul, v.3(3), 31-45, 2017.
- MACIEL, V.B.V., BEZERRA, R.Q., CHAGAS, E.G.L., YOSHIDA, C.M.P., CARVALHO, R.A. **Ora Pro Nobis (Pereskia Aculeata Miller): A Potential Alternative for Iron Supplementation and Phytochemical Compounds.** Brazilian Journal of Food Technology. v.24, p.02-06, 2021.
- OLIVEIRA, N. L.; RODRIGUES, A. A.; NEVES, I. C. O.; LAGO, AMANDA M. T.; BORGES, S. V.; RESENDE, J. V. **Development and Characterization of Biodegradable Films Based on Pereskia Aculeata Miller Mucilage.** Industrial Crops & Products. v.130, p.499-510, 2019.
- POSADA, A., RODRIGUEZ, E., ALVARES, A. **Um Modelo Funcional de Atividades de Aplicação para Manufatura Aditiva e Subtrativa (Manufatura Híbrida).** Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), São Carlos-SP. p.01-04, 2019.
- PULATSU, E., LIN, M. **A Review on Customizing Edible Food Materials into 3D Printable Inks: Approaches and Strategies.** Trends in Food Science & Technology. v.107, p.68-81, 2021.
- RIBEIRO, P.A., REIS, W.G., ANDRADE, R.R., QUEIROZ, C. **Ora Pro Nóbis: Cultivo e Uso como Alimento Humano.** Revista em Extensão. v.13(01), p.70-81, 2014.
- RODRIGUES, A.S., **Atividade Antioxidante e Antimicrobiana de Extratos de Ora Pro Nóbis (Pereskia Aculeata MILL) E Sua Aplicação Em Mortadela.** Universidade Federal de Santa Maria. p.19-26, 2016.
- ROWAT, S.J.A., LEGGE, R.L., MORESOLI, C. **Plant Protein in Material Extrusion 3D Printing: Formation, Plasticization, Prospects, and Challenges.** Journal of Food Engineering. v.308, p.110632, 2021.
- SANTANA, C.S., KWIATKOWSKI, A., QUEIROS, A.M., SOUZA, A.M.S., MINAS, R., S. **Desenvolvimento de Suplemento Alimentar Utilizando Ora Pro Nóbis (Pereskiaaculeata).** Cadernos de Agroecologia. v.13(02), p.02-07, 2018.
- SHIRAZI, A., KAMLOW, M., NORTON, I., MILLS, T. **How to Formulate for Structure and Texture via Medium of Additive Manufacturing - A Review.** Foods, p.02-05, 2020.
- SILVA, M.C.; PINTO, N.A.V.D. **Teores de Nutrientes nas Folhas de Taioba, Ora-Pro-Nóbis, Serralha e Mostarda Coletadas no Município de Diamantina.** Fundação Educacional Científica e

Tecnológica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. 86p. UNESP – Gestão e tecnologia, 2005.

SUN, J., FUH, J.Y.H., HONG, G.S. **Uma Visão Geral das Tecnologias de Impressão 3D para Fabricação de Alimentos.** Food Bioprocess Technol. v.8, p.1605–1615, 2015.

TAKEITI, C. Y.; ANTONIO, G. C.; MOTTA, E. M. P.; QUEIROZ, F. P. C.; PARK, K. J. **Nutritive Evaluation of a Non-Conventional Leafy Vegetable (*Pereskia aculeata* Miller).** *International Journal of Food Sciences and Nutrition.* v.60(04), p.148-160, 2009.

VIEIRA, C.R., DA SILVA, B.P., DO CARMO, M.A.V., AZEVEDO, L., NOGUEIRA, D.A., DUARTE, H.S., SILVA, R.R. **Effect Of *Pereskia Aculeata* Mill. In Vitro and In Overweight Humans: A Randomized Controlled Trial.** J. Food Biochem. v.43(07), p.02-06, 2019.

WILTGEN, F. **Protótipos e Prototipagem Rápida Aditiva sua Importância no Auxílio do Desenvolvimento Científico e Tecnológico.** Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), São Carlos-SP. p.01-05, 2019.

WILTGEN, F. **Perspectivas da Manufatura Aditiva na Construção de Alimentos.** Revista de Tecnologia e Engenharia. v.13(04), p.30-42, 2021.

XAVIER, G.B.S; NUNES, M.E.D.; MACIEL, K.C; SILVA, C.J; TORRES, I.P.A; RODRIGUES, T.H.G.; CORDEIRO, R.P. **O Uso da Ora Pró Nobis em Nutrição: Uma Revisão Integrativa.** Brazilian Journal of Development. v.8(06), p.45315-45327, 2022.