

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CITOTÓXICO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E TECNOLÓGICA DA FARINHA DE COPRODUTOS DA ABÓBORA (*CUCURBITA MOSCHATA*)

Ligianara Veloso de Moura¹, Tiago Soares², Laís Lima Castro Abreu¹
 Rayran Walter Ramos de Sousa², Débora Caroline do Nascimento Rodrigues²
 Deigiane de Lima Rocha¹, Raylla Rafenna dos Santos Silva¹, Marleide Coelho de Sousa¹
 Sabrina Almondes Teixeira², Paulo Michel Pinheiro Ferreira², Stella Regina Arcanjo Medeiros¹
 Joilane Alves Pereira-Freire¹

RESUMO

O aproveitamento de coprodutos vegetais é uma alternativa de impacto positivo na indústria de alimentos, agroindústria e agricultura familiar. Objetivou-se avaliar o potencial toxicológico e a tecnologia nutricional da farinha de resíduos do processamento da abóbora (*Cucurbita moschata*). Para tanto, produziu-se as farinhas das sementes (FSA) e casca da abóbora (FCA), bem como a mistura dessas farinhas na proporção de um:um (FSCA). Realizou-se testes preliminares de toxicidade e citotoxicidade, avaliação da cor e granulometria das amostras de coprodutos da abóbora. Os resultados mostraram que as farinhas dos coprodutos separadamente não foram consideradas tóxicas no ensaio de ecotoxicidade. Porém, a farinha dos coprodutos associados demonstrou fraca toxicidade, destacando-se a segurança de um possível isolamento e extração dos princípios ativos das amostras. Na citotoxicidade, houve atividade citotóxica de moderada a fraca, sugerindo atividades de sinergismo entre os compostos e que se precisa de mais investigação e quantificação de compostos. Quanto à cor, as farinhas apresentaram coloração clara com tonalidade amarela. Na granulometria, em torno de 79% da farinha da casca e 72% da farinha da semente apresentaram tamanho inferior a 0,59 mm. Conclui-se que as farinhas de coprodutos da abóbora apresentam potencial econômico e tecnológico, com imensas possibilidades de desenvolvimento de novos produtos, ricos em compostos biologicamente ativos, com propriedades tecnológicas viáveis para aplicação em nutrição e outras áreas, como a farmacêutica e cosméticos.

Palavras-chave: Análise de alimentos. Toxicidade. Alimentação Sustentável.

1 - Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Senador Helvídeo Nunes de Barros (CSHNB), Picos, Piauí, Brasil.

ABSTRACT

Evaluation of the cytotoxic potential, nutritional and technological characterization of flour from pumpkin coproducts (*Cucurbita moschata*)

The use of plant by-products is an alternative with a positive impact on the food industry, agro-industry and family farming. The aim was to evaluate the toxicological potential and nutritional technology of flour made from pumpkin (*Cucurbita moschata*) processing waste. To this end, pumpkin seed meal (FSA) and pumpkin peel meal (FCA) were produced, as well as a mixture of these flours in a one:one ratio (FSCA). Preliminary toxicity and cytotoxicity tests were carried out, as well as an assessment of the color and granulometry of the pumpkin coproduct samples. The results showed that the co-product flours separately were not considered toxic in the ecotoxicity test. However, the flour from the associated co-products showed weak toxicity, highlighting the safety of possible isolation and extraction of the active ingredients from the samples. In cytotoxicity, there was moderate to weak cytotoxic activity, suggesting synergistic activities between the compounds and that further research and quantification of compounds is needed. As for color, the flours were light in color with a yellow tinge. In terms of particle size, around 79% of the peel flour and 72% of the seed flour were smaller than 0.59 mm. It can therefore be concluded that flour from pumpkin co-products has great economic and technological potential, with immense possibilities for developing new products rich in biologically active compounds with viable technological properties for application in nutrition and other areas such as pharmaceuticals and cosmetics.

Key words: Food Analysis. Toxicity. Sustainable Eating.

INTRODUÇÃO

Com o aumento mundial da população, as exigências por novos produtos alimentares de qualidade e que forneçam muito mais que a função de nutrir, também aumentam.

E a biotecnologia apresenta uma via em que, através da bioprospecção científica e diversos métodos e aplicações biotecnológicas, podem fornecer uma melhoria nutricional à população.

O Brasil, apesar de ser um grande produtor de alimentos, possui cerca de 10 milhões de pessoas sem acesso a alimentação básica, somando-se a isso, sabe-se que milhões de toneladas de alimentos são desperdiçados no país anualmente, e grande parte dos resíduos sólidos urbanos produzidos é proveniente do processamento alimentar, com a produção de 39 mil toneladas de lixo por dia, sendo classificado com um dos 10 países que mais desperdiça alimentos no mundo (FAO, 2021).

Os nutrientes adquiridos através dos alimentos são indispensáveis para que as funções do organismo ocorram de forma adequada e equilibrada. Atualmente, o cuidado relacionado a uma alimentação mais natural tem se mostrado uma prática recorrente. Com isso, a procura por novos alimentos nutritivos e viáveis do ponto de vista econômico vem se tornando cada vez maior (Liu e colaboradores, 2022; Galanakis e colaboradores, 2021; Gaspar e colaboradores, 2020).

Devido às crescentes alterações no estilo de vida, o aproveitamento dos coprodutos de origem vegetal passou a ser enfatizado pela indústria de alimentos como uma alternativa tecnológica que proporciona a fabricação de produtos alimentares ricos em nutrientes, além de aumentar a variedade dos alimentos ofertados no comércio (Anjos e colaboradores, 2017).

As folhas, cascas, sementes e talos estão entre as partes não convencionais empregadas na produção desses produtos e são caracterizadas por possuírem uma quantidade considerável de fibras e minerais em sua composição (Vale e colaboradores, 2019).

As cascas e sementes são resíduos orgânicos do processamento da abóbora, sendo o cultivo da *Cucurbita moschata* destaque no Brasil.

Essa espécie apresenta ação antimicrobiana, hipoglicêmica,

anticancerígena, antioxidante, anti-inflamatória e vermífuga ligada à semente, que é constituída por compostos bioativos, lipídios, proteínas, polissacáideos, fitosteróis, vitaminas e minerais. Além disso, a casca contém proteínas, fibras, vitamina A e vitamina C.

Assim, o desenvolvimento de farinhas utilizando esses coprodutos se caracteriza como uma das formas de aproveitamento possível (Maldonade e colaboradores, 2019; Fioroto e colaboradores, 2019; Araújo e colaboradores, 2017).

A qualidade nutricional de um alimento não está relacionada apenas aos nutrientes que o compõem, pois em sua composição também pode haver substâncias tóxicas aos seres humanos (Marques e colaboradores, 2021).

Além disso, é preciso verificar se novos ingredientes desenvolvidos apresentam propriedades tecnológicas viáveis para serem aplicados na fabricação de produtos alimentares inovadores no mercado (Santana, Oliveira Filho, Egea, 2017).

Portanto, tendo em vista os amplos benefícios relacionados à elaboração de produtos alimentícios utilizando coprodutos vegetais, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial toxicológico e as propriedades funcionais tecnológicas presente na farinha de resíduos do processamento da abóbora (*Cucurbita moschata*), com o intuito de garantir que as condições da ingestão alimentar sejam seguras e de tornar possível a viabilização da fabricação de produtos inovadores através de fontes alternativas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo e Local da Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa laboratorial de caráter experimental e quantitativa realizada no LAPGENIC (Laboratório de Pesquisa em Genética Toxicológica) e LABCANCER (Laboratório de Cancerologia Experimental), ambos lotados no Campus Ministro Petrônio Portela - UFPI/CCS, e no Laboratório de Tecnologia em Cereais, Raízes e Tubérculos do Departamento de Engenharia de Alimentos - UFC.

Produção da Farinha

As abóboras (*Cucurbita moschata*) foram obtidas da agricultura familiar na cidade

de Oeiras - PI, selecionadas as livres de injúrias mecânicas aparentes.

Para conduzir a produção da farinha de resíduos, as abóboras foram lavadas em água corrente e sabão, submetidas ao processo de sanitização com hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm por 15 minutos e enxaguadas em água corrente.

Em seguida, foram higienizadas e sanitizadas, cortadas ao meio para retirar as sementes, separando-as dos resquícios de polpa incorporados, e descascadas manualmente.

Após esse procedimento, os resíduos da abóbora (sementes e cascas) passaram

pelo processo de secagem em estufa com circulação de ar quente ativa a 60°C durante 12 horas, separadamente.

Logo após, os resíduos foram triturados em liquidificador e peneirados, originando-se a farinha das sementes, a farinha da casca e a farinha das sementes e casca (na proporção um:um) da abóbora, conforme o fluxograma presente na Figura 1.

As farinhas foram acondicionadas em saco plástico em polietileno de baixa densidade (PEBD) até o momento de sua utilização em análises.

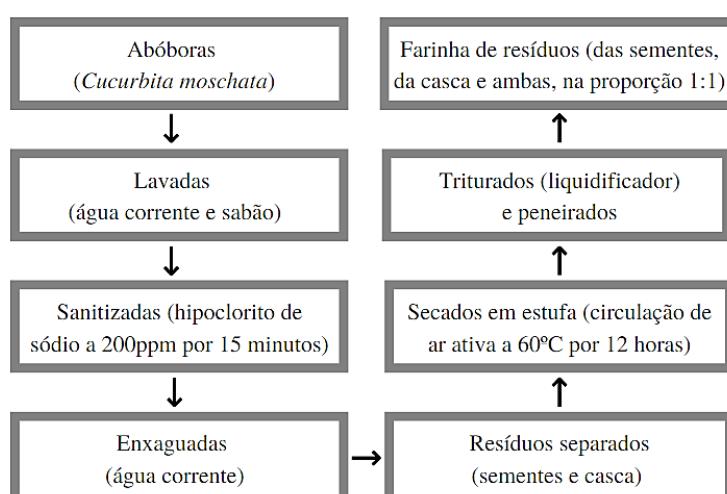


Figura 1 - Produção da farinha de resíduos da abóbora. Fonte: autoria própria.

Toxicidade Aguda por Artemia salina

Foi utilizada a metodologia descrita por Meyer e colaboradores (1982) com adaptações. Foi preparada uma solução de água e sal marinho na concentração de 30 g/L em um bêquer.

Em seguida, os cistos de Artemia salina foram adicionados no bêquer contendo a solução salina, o qual foi mantido sob iluminação artificial, temperatura ambiente e aeração constante por um período de 48 horas, visando à eclosão dos ovos.

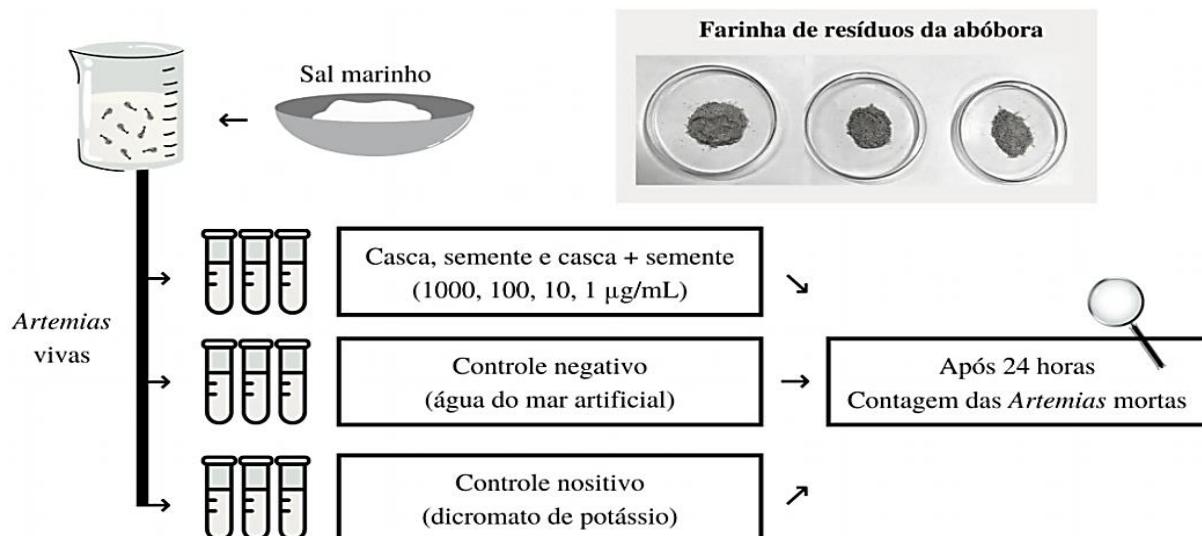


Figura 2 - Determinação da toxicidade preliminar em *Artemia* salina. Fonte: autoria própria.

Após a eclosão, 10 náuplios foram transferidos para os tubos de ensaio em um volume total de 10 mL de água salina com concentrações de 1000, 100, 10 e 1 µg/mL da casca, semente e casca mais semente da abóbora.

O grupo controle negativo foi representado apenas por solução salina, sendo que o controle positivo recebeu dicromato de potássio (50 µg/mL). Os testes foram realizados em triplicata e a contagem dos náuplios mortos e vivos foi realizada após 24 horas (Gad, 2014), conforme ilustra a Figura 2.

Citotoxicidade pelo Método de Redução do MTT

Foram utilizados os processos metodológicos descritos por Mosmann (1983), adaptados. Foi realizado o cultivo da linhagem celular a ser analisada uma semana antes da execução do teste, a qual foi mantida em estufa a 37 °C com 5% de CO₂. A linhagem utilizada no teste consistiu em uma célula normal, a L929 (fibroblastos de camundongo, ATCC® CCL-1™).

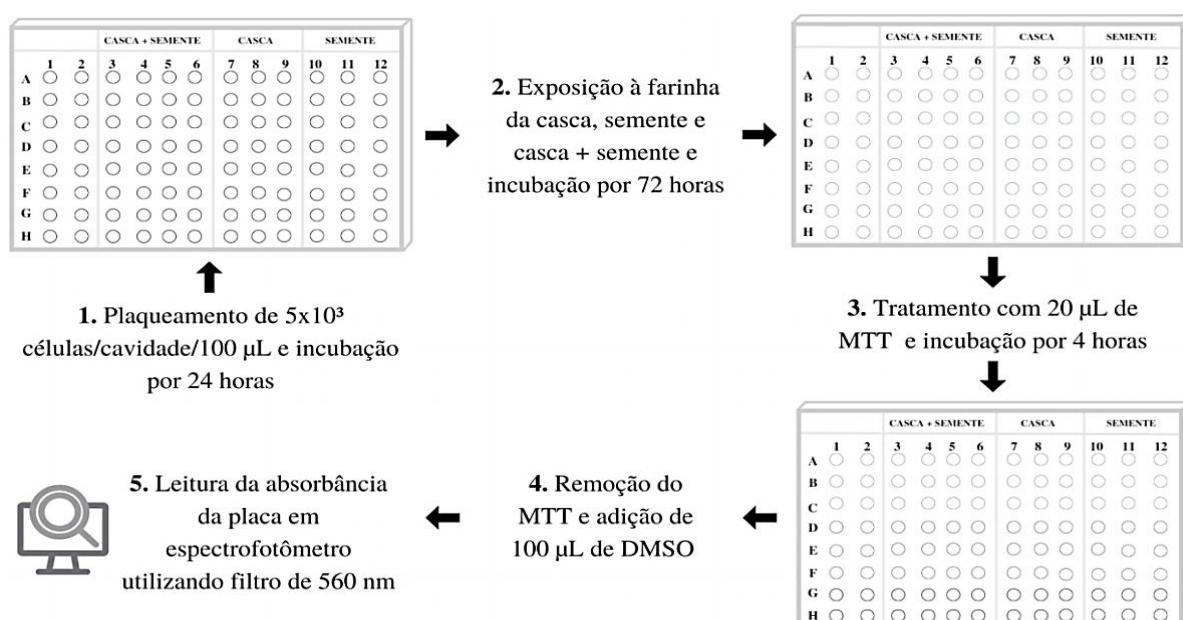


Figura 3 - Verificação da citotoxicidade da farinha de resíduos pelo método do MTT em células L929. Fonte: adaptado de Magalhães, Thá, Leme (2018).

Logo após, a viabilidade celular foi verificada com o auxílio do método de exclusão por Azul de Tripan, seguida da contagem das células viáveis na câmara de Neubauer. A densidade celular plaqueada foi de 5×10^3 células/cavidade/100 µL.

Após 24h do plaqueamento, as células foram expostas à farinha da casca, semente e casca mais semente da abóbora, nas concentrações de 100, 50, 25, 12, 5, 6, 25, 3,12, 1, 56 e 0,78 µg/mL e foram incubadas durante 72 horas.

Após esse período, foram tratadas com 20 µL de MTT [3-(4,5-dimetiltiazol-2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina] e incubadas por 4 horas em condições de cultivo.

Em seguida, o meio contendo MTT foi removido, foram adicionados 100 µL de DMSO (dimetilsulfóxido) e a placa foi homogeneizada por cinco minutos. Em seguida, foi realizada a medida de absorbância a partir da leitura em espectrofotômetro (GloMax®) a um comprimento de onda de 560 nm, conforme ilustra a Figura 3.

Análise de Cor

A análise de cor da farinha foi determinada em um aparelho denominado colorímetro, padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV) pelo método nº 14-22 da AACC (2000). A área de mensuração do aparelho foi de 50 mm de diâmetro e o ângulo de medição de 0° C com espelcular incluída. Foi utilizado o sistema de cor CIELAB onde L* (luminosidade – branco/preto), cromaticidade a* (eixo verde/vermelho) e cromaticidade b* (eixo azul/amarelo). Para a leitura da cor, tomou-se o cuidado de posicionar o canhão de leitura do equipamento exatamente no centro da amostra.

Análise Granulométrica

A granulometria da farinha foi definida pelo método nº 66-20 (AACC, 2000). Foi utilizado um conjunto de peneiras, de 30, 40,

60, 80 e 100 mesh, com aberturas de malhas de 0,59; 0,42; 0,250; 0,177 e 0,149 mm, respectivamente, acopladas a suporte vibratório, sendo a peneiração com agitação constante por 15 minutos em uma quantidade de 100g das farinhas. A quantidade de amostra retida foi pesada para calcular a percentagem de retenção.

Análise Estatística

Os resultados dos testes de toxicidade foram submetidos à análise estatística utilizando o software GraphPad Prism versão 5.0. Para o bioensaio toxicológico utilizando Artemia salina, os parâmetros foram analisados quanto à média, desvio padrão e comparação de médias, por meio do teste de Tukey. Já para o teste de citotoxicidade, o pós-teste estatístico consistiu na Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de Dunnet para avaliação de significância ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de Letalidade com Artemia salina

Os ensaios de letalidade com o microcrustáceo marinho Artemia salina têm como objetivo avaliar a sobrevida de indivíduos expostos a um agente ou amostra a ser analisada, por um determinado período (Silva e colaboradores, 2020).

Observa-se na Figura 4A e 4B que os coprodutos separadamente não são considerados tóxicos, pois o valor estimado de CL_{50%} (concentração letal média) da casca (FCA) é de 11939 µg/mL e da semente (FSA) é de 4593 µg/mL, portanto é bem mais alto do que o considerado ativo ou tóxico na literatura.

Porém ao analisar os coprodutos associados (FSCA), percebe-se que os valores identificados e apresentados na Figura 4C foram de CL_{50%} de 930,8 µg/mL, sugerindo a existência de substâncias potencialmente ativas e/ou tóxicas (Meyer e colaboradores, 1982).

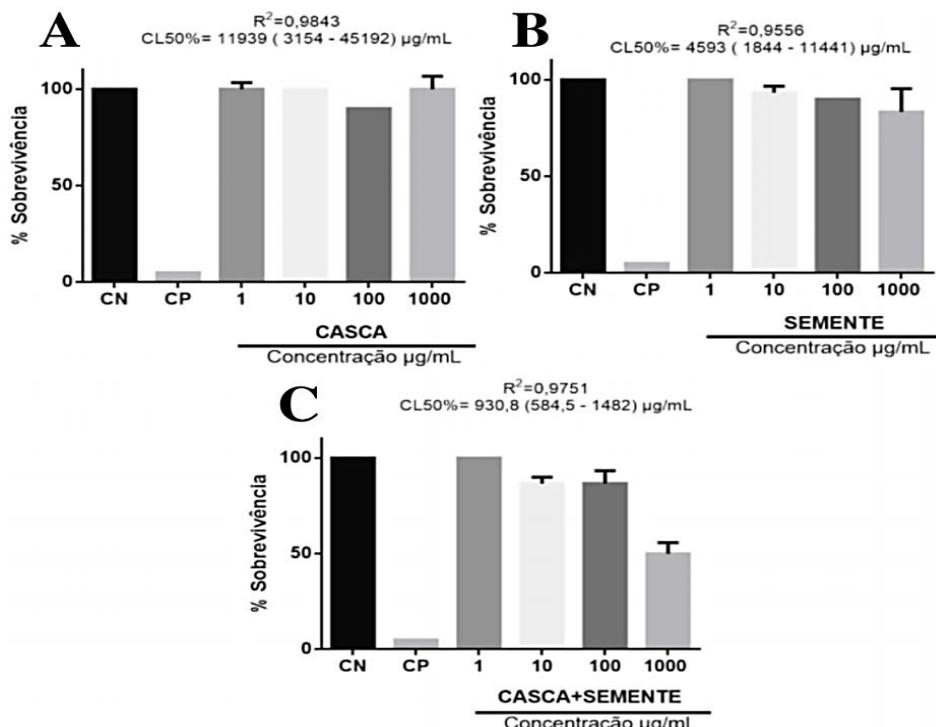


Figura 4 - Ecotoxicidade dos coprodutos da abóbora frente às larvas do microcrustáceo *Artemia salina*. Legenda: CL_{50%} - concentração letal capaz de matar 50% da população de *Artemia salina*.

No entanto, David e colaboradores (2001) e Nguta e colaboradores (2011) classificam como muito tóxicas apenas substâncias com CL_{50% < 100 µg/mL}. Já em estudos realizados por Dolabela (1997) os extratos são classificados de acordo com os seguintes critérios de avaliação da toxicidade: extratos com CL_{50% < 80 µg/mL} são considerados moderadamente tóxicos, os extratos com CL_{50% entre 80 µg/mL e 250 µg/mL} são classificados como pouco tóxicos.

E nos estudos de Meyer e colaboradores (1982) os autores estabeleceram uma relação entre o grau de toxicidade e a concentração letal média, CL_{50%}, apresentada por extratos de plantas sobre larvas de *Artemia salina L.*, desde então, considera-se que quando são verificados valores acima 1000 µg/mL, estes, são considerados atóxicos, portanto, em nossos achados foram considerados atóxicos os extratos de casca e semente, analisados separadamente (Figura 4A e 4B).

Assim, com base nos resultados expostos nesse estudo e conforme a classificação de Meyer e colaboradores (1982), observa-se que a farinha de resíduos do processamento da abóbora, casca e semente associadas, apresentou um maior potencial de

toxicidade em relação às amostras, com CL_{50%} equivalente à 930,80 µg/mL, mas demonstrou que esse perfil de toxicidade é considerado fracamente tóxico, por apresentar um valor de CL_{50%} próximo ao considerado como atóxico pela literatura (CL_{50% > 1000 µg/mL}), sugerindo uma atividade promissora frente à *Artemia salina*.

Mattos (2016) analisou a toxicidade da farinha de maxixe (*Cucumis anguria L.*) em *Artemia salina* e observou que o valor de CL_{50%} foi de 6081,19 µg/mL, demonstrando que não apresenta efeitos tóxicos e por isso a ingestão pelos humanos é considerada como adequada, assim como os extratos da farinha da casca e farinha da semente da abóbora analisados neste estudo, que obtiveram CL_{50%} acima de 1000 µg/mL.

Já Souza (2015), ao verificar a atividade tóxica do caroço do abacate (*Persea americana Mill*) frente à *Artemia salina* com intuito de aplicá-lo no desenvolvimento de farinha e elaboração de novos produtos alimentícios, observou CL_{50%} de 452,57 µg/mL para o extrato do caroço e CL_{50%} de 14888,01 µg/mL quanto à sua pelúcia, sendo considerados moderadamente tóxico e atóxico, respectivamente, confirmando que o seu aproveitamento na elaboração de produtos alimentícios inovadores é admitido.

Na realização do estudo de ecotoxicidade das farinhas do eixo central da jaca produzidas em temperaturas diferentes de secagem por Sousa e colaboradores (2016), foram obtidos valores de CL_{50%} de 1721, 1171 e 1390 µg/mL para as respectivas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, classificando-as como atóxicas, contudo, a farinha elaborada na temperatura de 80 °C foi considerada de fraca toxicidade por ter apresentado valor de CL_{50%} de 939 µg/mL, que foi atribuído à concentração de compostos químicos devido ao aumento da temperatura.

Na análise do presente projeto, a farinha da abóbora contendo coprodutos associados comportou-se da mesma forma que a farinha do eixo central da jaca preparada a 80 °C, onde ambas exibiram potencial fracamente tóxico. Assim, como os extratos apresentaram baixa toxicidade frente A. salina ou nenhuma, estudos mais aprofundados devem ser realizados, para um possível isolamento e extração de princípios ativos das amostras aqui investigadas.

Os resultados obtidos corroboram com as possibilidades de aplicações biotecnológicas e nutricionais das amostras aqui investigadas, sejam elas separadas ou associadas para consumo e desenvolvimento de novos produtos. Este ensaio utilizando A. salina foi bastante importante para verificar a segurança de um possível isolamento e extração dos princípios ativos das amostras em estudo.

Ensaio de Viabilidade Celular em Células L929

Para investigar o efeito na viabilidade celular da linhagem normal de fibroblastos de camundongos (L929) frente ao extrato obtido pelas amostras da casca, da semente e da associação da casca + semente (na proporção de um:um), as células foram expostas às concentrações de 100, 50, 25, 12, 5, 6, 25, 3, 12, 1, 56 e 0,78 µg/mL das amostras e foi aplicado o ensaio de redução do MTT para mensuração das células viáveis.

Tabela 1 - Viabilidade das células L929 frente a diferentes concentrações da farinha de coprodutos da abóbora.

| Concentração | Casca | Semente | Casca + Semente |
|--------------|-------|---------|-----------------|
| 100 µg/mL | 56% | 64% | 57% |
| 50 µg/mL | 78% | 90% | 86% |
| 25 µg/mL | 98% | 103% | 104% |
| 12,5 µg/mL | 109% | 116% | 114% |
| 6,25 µg/mL | 97% | 118% | 111% |
| 3,12 µg/mL | 118% | 118% | 121% |
| 1,56 µg/mL | 131% | 125% | 131% |
| 0,78 µg/mL | 102% | 73% | 82% |

Fonte: autoria própria.

Pode-se verificar na Figura 5 que os extratos identificados graficamente no 5A (casca de abóbora) e no 5C (casca + semente) não apresentaram diferença significativa quando comparados ao controle negativo, que contém 100% das células viáveis. Porém, na concentração de 100 µg/mL a redução da viabilidade da linhagem celular L929 foi significativa ($p<0,05$), havendo redução de 44,0

± 3,56% e 43,0 ± 12,17% para o tratamento das células com o extrato da “casca” e da “casca + semente”, respectivamente. Portanto, na concentração de 100 µg/mL, 56% e 57% das células permaneceram viáveis junto ao tratamento das amostras contendo o extrato somente com a casca e, no extrato contendo a associação dos coprodutos, respectivamente.

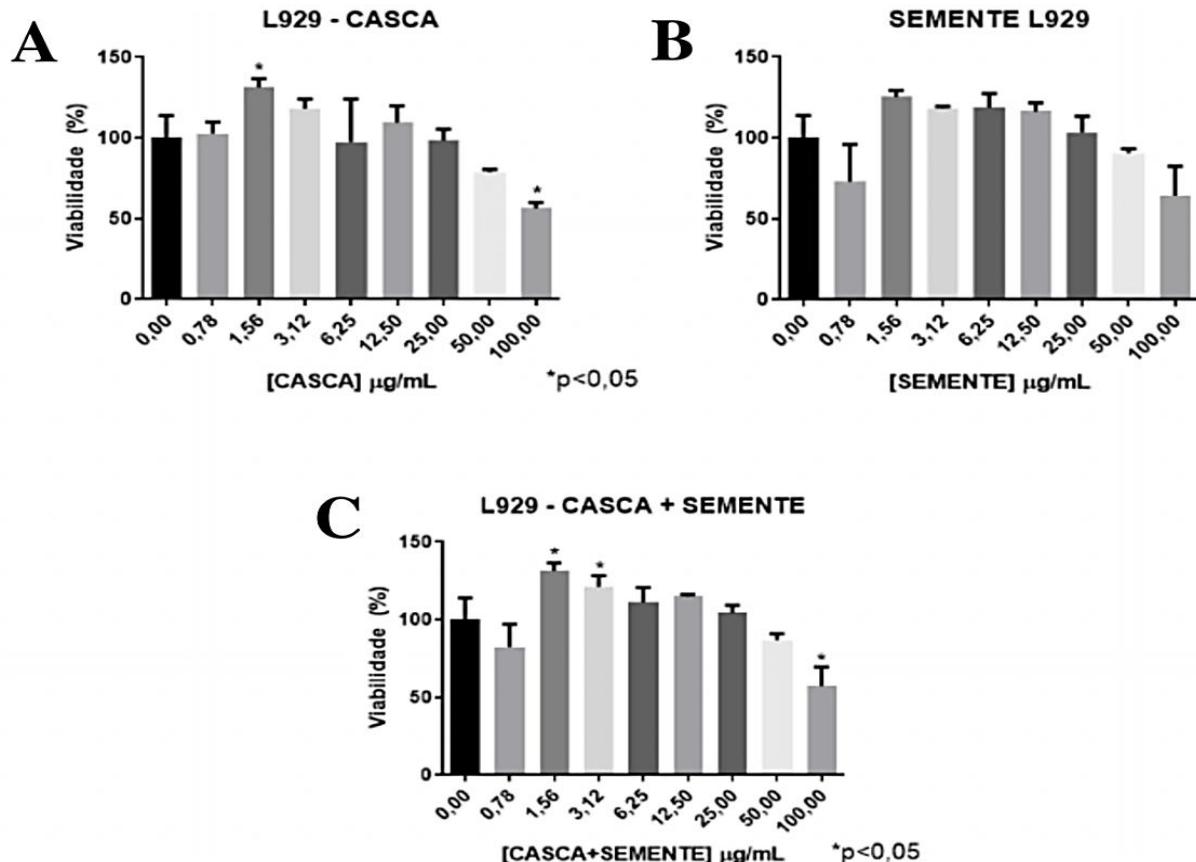


Figura 5 - Viabilidade celular de fibroblastos murinos (L929) tratados com coprodutos extraídos da abóbora pelo método do MTT. Legenda: O controle negativo do teste refere-se ao 0,00, que contém apenas células e meio de cultivo. * $p<0,05$ é o valor estatisticamente significante em relação ao controle negativo pelo teste de Dunnett.

Ao investigar os resultados de MTT do extrato obtido com a semente da abóbora (5B), pode-se observar que, apesar de apresentar redução da viabilidade celular em determinadas concentrações, não demonstrou significância estatística ($p>0,05$) em relação ao controle negativo.

Assim, essa amostra apresenta dados promissores, pela biocompatibilidade exibida quanto às células normais de fibroblastos de camundongo através da aplicação do teste de MTT, e possivelmente é segura para consumo e utilização em biotecnologia de alimentos.

A biotecnologia é uma ciência primordial nos dias de hoje para a produção alimentícia para suprir a demanda mundial, contribuindo para a produção de alimentos mais duradouros nas prateleiras e mais nutritivos entre diversos aspectos, usando de métodos para a conservação e armazenamento de alimentos, incluindo a bioprospecção de aditivos alimentares, produção de embalagens inteligentes para ampliar a qualidade nutricional

(Liu e colaboradores, 2022) e conservar por mais tempo os alimentos nas prateleiras dos supermercados (Pereira-Freire e colaboradores, 2022; Almeida e Costa, 2019).

O National Cancer Institute (NCI) classifica com alta atividade citotóxica as substâncias que apresentam Concentração Inibitória (IC_{50}) < 20 µg/mL. Já as que revelam atividade citotóxica moderada possuem valor de IC_{50} entre 21-200mL. Quando o valor IC_{50} está entre 201-500 µg/mL elas demonstram atividade citotóxica fraca. Por fim, quando a IC_{50} é > 500 µg/mL essas substâncias não apresentam nenhuma atividade citotóxica (Damasuri, Sholikhah e Mustofa, 2020).

Nessa análise preliminar em células normais percebeu-se em todas as amostras aqui pesquisadas, que elas se demonstram biocompatíveis e seguras, sem apresentar redução significativa da viabilidade celular até a concentração de 50 µg/mL. Com isso, a IC_{50} de todas as amostras encontra-se em uma concentração maior que 100 µg/mL, por ter revelado redução significativa apenas nessa

concentração, de modo que possuem atividade citotóxica de moderada (21-200 µg/mL) a fraca (201-500 µg/mL), segundo a classificação do National Cancer Institute (NCI), sem demonstrar alta atividade citotóxica e não havendo a presença de efeito tóxico expressivo quanto às células testadas.

Hartati e Sudibyo (2010), ao avaliarem a atividade citotóxica de proteínas ácidas inativadoras de ribossomos (RIPs) isoladas de folhas de *M. jalapa* L. em linhagem celular, verificaram que não houve interferências relevantes quanto à viabilidade das células normais tratadas e não tratadas com os compostos estudados, pois foi observada atividade citotóxica apenas em altas concentrações, com IC_{50} de 8775,8 µg/mL, 2739,0 µg/mL e 1166,1 µg/mL para todas as frações de RIPs ácidas analisadas. Comportando-se da mesma maneira que os extratos dos resíduos da abóbora analisados na presente pesquisa (FSA; FCA e FSCA), por não apresentarem toxicidade significativa até a concentração contendo 50 µg/mL.

Os coprodutos de origem vegetal apresentam propriedades que destacam a viabilidade do seu emprego pela indústria de alimentos no desenvolvimento de diversos produtos alimentícios nutritivos e sustentáveis (Hassoun e colaboradores, 2022), porém, a investigação da qualidade desses produtos naturais vai além do estudo envolvendo a sua composição química.

Também contempla vários outros aspectos, dentre eles a qualidade da matéria-prima empregada e as condições do seu processamento e armazenamento (Jiménez-Munoz e colaboradores, 2021; Pereira-Freire e colaboradores, 2022).

Análise de Cor

O sistema CIELAB descreve a sensação de cor de um objeto através da observação de aspectos envolvendo a claridade, tonalidade e saturação. O parâmetro

colorimétrico L^* varia de 0 a 100, ou seja, do preto ao branco, respectivamente. Assim, valores mais altos estão relacionados a cores mais claras e o oposto indica cores mais escuras. Ademais, as coordenadas cromáticas a^* e b^* vão do verde (- a^*) ao vermelho (+ a^*) e do azul (- b^*) ao amarelo (+ b^*) (Ferreira, 2017).

De acordo com a Tabela 3, os resultados obtidos quanto à farinha da casca da abóbora foram de 68,76 para L^* , 1,50 para a^* e 28,71 para o parâmetro b^* . Já a farinha da semente da abóbora apresentou os seguintes valores: L^* com 68,08, a^* com 1,91 e b^* com 30,77. Com isso, as amostras estudadas apresentam uma farinha de coloração mais clara com tonalidade predominante para o amarelo e tendência para o vermelho, porém pouca acentuada.

Tabela 2 - Farinhas da casca (FC) e semente (FS) submetidas ao sistema CIELAB.

| Farinhas | L^* | a^* | b^* |
|----------|-------|-------|-------|
| FC | 68,76 | 1,50 | 28,71 |
| FS | 68,08 | 1,91 | 30,77 |

Fonte: autoria própria. L^* - luminosidade ou brilho, a^* - cromaticidade (verde/vermelho), b^* - cromaticidade (azul/amarelo).

Visivelmente, tanto a farinha da casca quanto a farinha da semente possuem coloração amarelada ao olho nu. Ao comparar os dados das farinhas avaliadas, foi possível observar que ambas apresentaram valores muito aproximados, demonstrando parâmetros de cor com resultados semelhantes, conforme pode ser visualizado (Figura 6).

A diferença observada entre as duas amostras é que a farinha da casca contém maior intensidade de brilho (L^*), com menor cromaticidade de a^* e tendência ao amarelo (b^*), enquanto a farinha da semente contém valor reduzido para a coordenada L^* e valores aumentados com relação à cromaticidade de a^* e b^* .

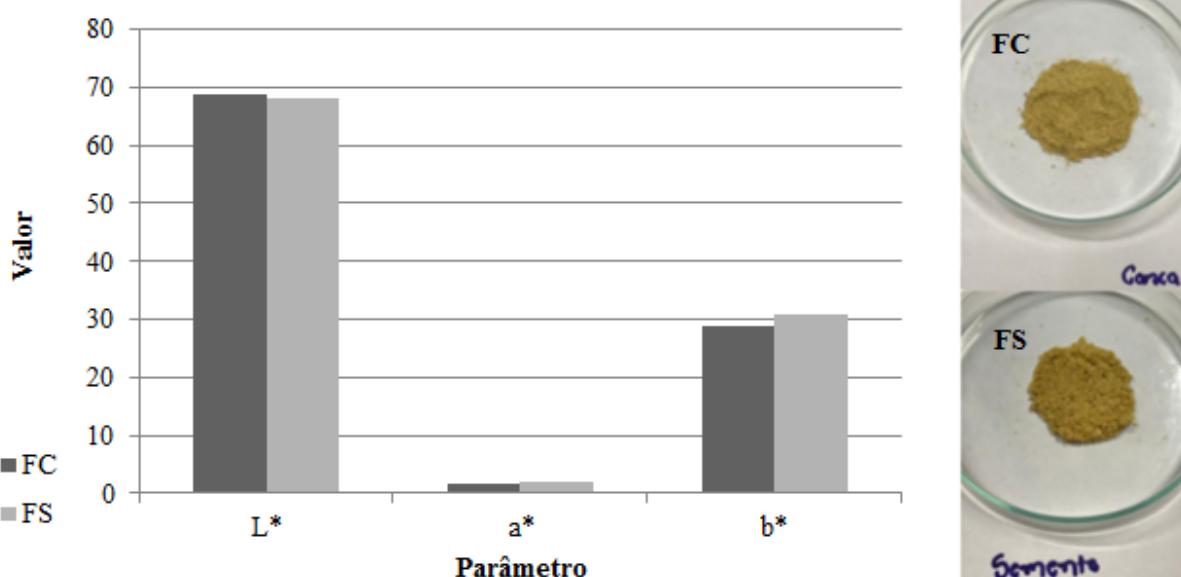


Figura 6 - Colorimetria em farinhas da casca (FC) e semente (FS) da abóbora (*Cucurbita moschata*).
Fonte: autoria própria. L* - luminosidade ou brilho, a* - cromaticidade (verde/vermelho), b* - cromaticidade (azul/amarelo).

Ao determinar a coloração da folha de abóbora (*Cucurbita moschata*) em pó, outra parte do vegetal de uso não convencional, pelo sistema Cielab, Piekarski (2009) confirmou a cor verde por encontrar o parâmetro a* com valor negativo, diferentemente do visualizado no presente trabalho. Já a coordenada b*, que demonstrou tendência ao amarelo, obteve valor de 24,11 e a luminosidade (L*) foi de 44,23.

O parâmetro de cor L*a*b* foi analisado por Barbosa (2019) frente à farinha de abóbora cabotiá e encontraram valores de 26,93 para claridade, 13,71 para o elemento b* e 10,40 para o a*, mantendo um pouco da originalidade do fruto, em que a cor varia de amarela a laranja-escuro. Em comparação às farinhas neste estudo, apresentou maior tendência ao vermelho e menor nível de amarelo, bem como luminosidade mais baixa.

A farinha da semente de abóbora (*Cucurbita moschata*) estudada por Fortes e colaboradores (2020) obtiveram valores mais aproximados ao da farinha da semente de abóbora do estudo em questão. Os resultados apresentados foram L* com 59,49, a* com 3,47

e b* com 27,83, contendo maior valor de b* quando comparada com as farinhas de arroz, da casca de abacaxi e da casca da banana.

A cor é um atributo de grande importância e caracteriza-se como um aspecto capaz de influenciar não somente a coloração do produto elaborado, mas a sua aceitação por parte dos consumidores, os quais preferem tonalidades de farinhas mais claras, geralmente, ao analisarem esse indicativo (McArthur-Floyd, Brako, 2024).

Análise Granulométrica

O índice de uniformidade, segundo Zanotto e Bellaver (1996), está relacionado à proporção relativa entre partículas grossas, médias e finas, as quais são definidas de acordo com os seus diâmetros a partir do processo de granulometria.

Assim, quando a amostra contém grânulos maiores que dois mm é considerada grossa, entre dois e 0,60 mm é classificada média e menor que 0,60 mm é fina.

Tabela 3 - Farinhas da casca (FCA) e semente (FSA) de abóbora submetidas à granulometria.

| Farinhas | %Retenção (0,59 mm) | %Retenção (0,42 mm) | %Retenção (0,25 mm) | %Retenção (0,177 mm) | %Retenção (0,149 mm) | %Resíduo |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| FCA | 21,13 | 16,9 | 28,17 | 11,27 | 15,5 | 7,04 |
| FSA | 28,37 | 30,7 | 27,3 | 10,22 | 2,27 | 1,14 |

Fonte: autoria própria.

A granulometria da farinha da casca e farinha da semente está representada na Tabela 3. É possível observar que em torno de 79% da farinha da casca e 72% da farinha da semente apresentaram tamanho inferior a 0,59 mm.

Com isso, pode-se dizer que a maior parte analisada de ambas as farinhas corresponde a partículas finas.

Mesmo não havendo sido realizado teste granulométrico com peneiras de abertura maior que 0,60 mm, verifica-se na Tabela 3 que apenas 21,13% da farinha da casca e 28,37% da farinha da semente ficaram retidas na

peneira com abertura de 0,59 mm, contendo grânulos médios a grossos nesse percentual.

As duas farinhas estudadas neste trabalho apresentaram granulometria maior que a farinha de trigo que, de acordo a portaria nº 354, de 18 de julho de 1996, aponta que 98% da farinha de trigo comum deve passar através de uma peneira com abertura de 250 µm, ou seja, 0,250 mm (Brasil, 1996).

Dessa forma, 71,83% da farinha da casca e 72,7% da farinha da semente da abóbora passaram pela peneira com abertura de 60 mesh (0,250 mm).

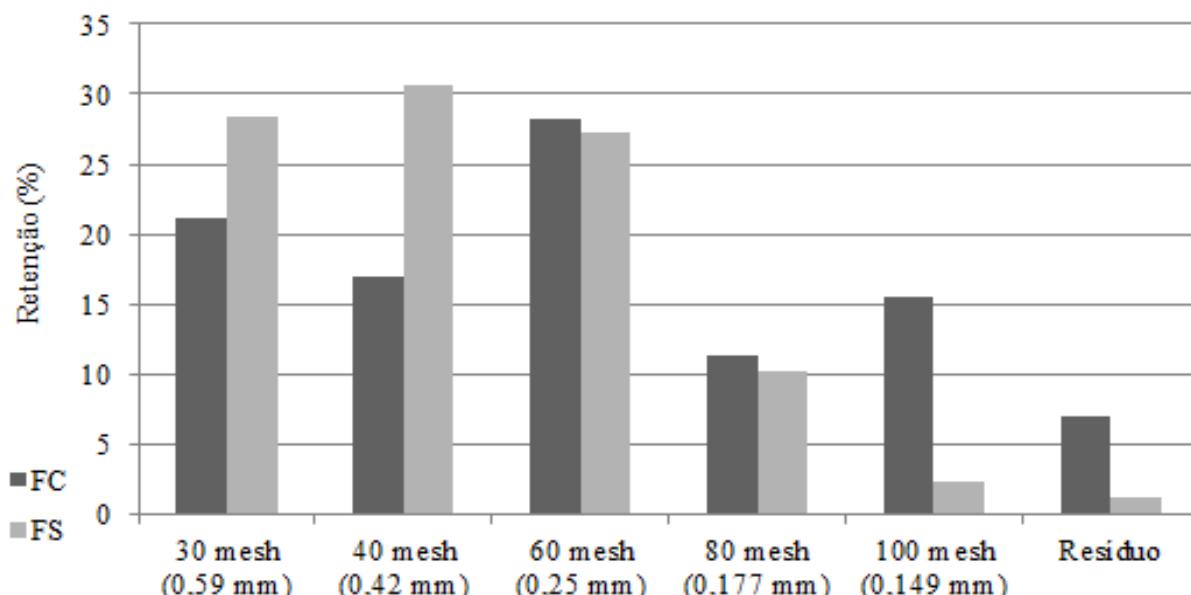


Figura 7 - Distribuição granulométrica das farinhas da casca (FC) e semente (FS) da abóbora (*Cucurbita moschata*). Fonte: autoria própria.

Ao analisar figura 7, percebe-se que tanto a farinha da casca quanto a farinha da semente de abóbora (*Cucurbita moschata*) apresentaram conteúdo heterogêneo, demonstrando massa retida distribuída heterogeneamente em todas as peneiras testadas. Para a farinha da casca o maior percentual de massa retida foi na peneira com abertura de 0,25 mm (28,17%), já para a farinha da semente foi na peneira de 0,42 mm (30,7%).

Brito, Silva e Cereda (2015), ao analisarem o perfil granulométrico de farinhas de mandioca distintas, explicam que a heterogeneidade da massa pode ocorrer por influência de fatores do processamento, como tempo e temperatura.

Além disso, apontam a influência da granulometria sobre a solubilidade e,

consequentemente, sobre as propriedades tecnológicas, uma vez que farinhas mais finas contêm teores maiores de carboidratos solúveis, ao contrário das com alta espessura.

Assim, a textura, aparência e palatabilidade do produto podem ser afetadas pela falta de uniformidade existente em uma determinada farinha, apresentando partículas com dimensões irregulares. Visto que, ao conter granulometria uniforme, a água é absorvida uniformemente, ocorrendo o cozimento regular da massa do alimento (Contini, 2020).

Do mesmo modo que a farinha da casca e da semente analisada neste estudo, o pó da folha da abóbora (*Cucurbita moschata*), avaliado por Piekarski (2009), demonstrou granulometria de aspecto fino, onde 90,27%

dos grânulos do pó testado foram inferiores a 0,30 mm, dos quais 47,43% apresentaram tamanho entre 0,18 e 0,30 mm.

No estudo realizado por Barabach, Silva e Vianete (2017), as farinhas preparadas a partir da folha da beterraba e da mistura entre a casca da laranja e maracujá apresentaram maior percentual de retenção na peneira com abertura de 0,355 mm, resultado aproximado ao das farinhas aqui analisadas. Já a farinha do mamão, diferentemente das demais, apresentou maior retenção na peneira com 1,65 mm de abertura.

Storck e colaboradores, (2015) observaram que a maior grau de retenção para a farinha de resíduo do suco de acerola correspondeu ao valor de $\leq 0,250$ mm. Por outro lado, as farinhas de resíduo do suco de laranja, maçã e uva apresentaram maior porcentagem na granulometria $> 0,600$ mm. No entanto, verificaram que a diminuição granulométrica das farinhas ocasionou diminuição significativa no teor de fibras.

Com isso, uma maior granulometria e distribuição não uniforme das partículas pode estar relacionada à presença de fibras alimentares nas farinhas, sobretudo as fibras alimentares do tipo insolúveis, que contêm grânulos de alta espessura em comparação às mais refinadas (Lima e colaboradores, 2022).

CONCLUSÃO

As farinhas obtidas da casca e da semente, separadamente, não exibiram toxicidade frente à Artemia salina, enquanto a farinha contendo a associação de ambos os coprodutos demonstrou baixa toxicidade.

Além disso, o teste de citotoxicidade apresentou atividade citotóxica de baixa a moderada, não afetando significativamente a viabilidade das células saudáveis testadas até a concentração de 50 µg/mL.

Os dados do estudo envolvendo a análise de cor das farinhas de coprodutos da abóbora demonstraram grande potencial por apresentar coloração de tonalidade amarela clara, aspecto que se mostra favorável à aplicação.

Também foi possível concluir que apresentaram tendência a um aspecto fino com distribuição granulométrica heterogênea das partículas entre as peneiras testadas.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí - FAPEPI, por apoiar a pesquisa científica dentro do Estado do Piauí, permitindo a realização deste estudo, assim como a Universidade Federal do Piauí - UFPI, Universidade Federal do Ceará - UFC e o Instituto Federal do Piauí - IFPI, por conceder a utilização dos laboratórios.

REFERÊNCIAS

- 1-AACC International. Approved Methods of Analysis. 10. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. 2000.
- 2-Almeida, J.M.S.; Costa, P.R. Biotechnology Technology Holders and Their Relational Capabilities for Innovation. Brazilian Journals of Business. Vol. 1. Num. 3. 2019. p. 1124-1141.
- 3-Anjos, C.N.D.; Barros, B.H.S.; Silva, E.I.G.; Mendes, M.L.M.; Messias, C.M.B.D.O. Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora (*Cucurbita moschata*). Arquivos de Ciências da Saúde. Vol. 24. Num. 4. 2017. p. 58-62.
- 4-Araújo, K.T.A.; Silva, R.M.; Silva, R.D.; Figueiredo, R.D.; Queiroz, A.D.M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. Revista Brasileira de Agrotecnologia. Vol. 7. Num. 2. 2017. p. 110-115.
- 5-Barabach, A.; Silva, E.C.K.; Vianete, L.C. Influência da granulometria nas propriedades funcionais e físico-químicas de farinhas de frutas e hortaliças. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2017.
- 6-Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. Aprova a norma técnica referente a farinha de trigo. Diário Oficial da União, 22 jul. 1996. Seção 1. p. 13557-13558.
- 7-Brito, V.H.S.; Silva, E.C.; Cereda, M.P. Digestibilidade do amido in vitro e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras. Brazilian Journal of Food Technology. Vol. 18. Num. 3. 2015. p. 185-191.
- 8-Contini, G.K. Utilização de farinha integral de centeio e farinha integral de feijão para o

desenvolvimento de muffins com alto valor nutricional. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2020.

9-Damasuri, A.R.; Sholikhah, E.N.; Mustofa. Cytotoxicity of ((E)-1-(4-aminophenyl)-3-phenylprop-2-en-1-one)) on HeLa cell line. Indonesian Journal of Pharmacology and Therapy. Vol. 1. Num. 2. 2020. p. 54-59.

10-David, J.P.; Silva, E.F.D.; Moura, D.L.D.; Guedes, M.L.D.S.; Assunção, R.D.J.; David, J.M. Lignanas e triterpenos do extrato citotóxico de Eriope blanchetii. Química Nova. Vol. 24. Num. 6. 2001. p. 730-733.

11-Dolabela, M.F. Triagem in vitro para atividade antitumoral e anti Trypanossoma cruzi de extratos vegetais, produtos naturais e substâncias sintéticas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1997.

12-Ferreira, M.D. Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças. Brasília-DF Embrapa. 2017.

13-Fioroto, C.K.S.; Schüroff, H.P.; Turchetto, Q.; Emanuelli, I.P.; Lizama, M.D.L.A.P.; Gonçalves, J.E. Composição química de resíduos de alimentos como fonte alternativa de nutrientes: sustentabilidade aliada à promoção da saúde. Revista Valore. Vol. 4. Num. 1. 2019. p. 70-83.

14-FAO. Food and Agriculture Organization. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/2021/en/> Acesso em: 14 de janeiro de 2024.

15-Fortes, R.R.; Brigagão, T.C.S.; Lourenço, C.O.; Carvalho, E.E.N.; Tavano, O.L.; Garcia, J.A.D.; Boas, B.M.V. Caracterização físico-química de farinha de arroz, farinha de abacaxi e casca de banana e farinha de semente de abóbora. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento. Vol. 9. Num. 9. 2020. p. e436997293.

16-Gad, S.C. LD50/LC50 (Lethal dosage 50/Lethal concentration 50). In: Wexler, P.

(org.). Encyclopedia of Toxicology. 3º edição. Academic Press. 2014. p. 58-60.

17-Galanakis, C.M.; Rizou, M.; Aldawoud, T.M.; Ucak, I.; Rowan, N.J. Inovações e rupturas tecnológicas no setor alimentício na pandemia da COVID-19 e na era pós-lockdown. Trends in Food Science & Technology. Vol. 110. Num. 1. 2021. p. 193-200.

18-Gaspar, P.B.; Spoto, M.H.F.; Borges, M.T.M.R.; Bernardi, M.R.V. Elaboração de farinhas e biscoitos com resíduos da agroindústria familiar. Brazilian Journal of Development. Vol. 6. Num. 5. 2020. p. 25488-25506.

19-Hartati, S.M.S.; Sudibyo, A.R.S. Cytotoxic selectivity of MJC0.3 and MJC0.5, acidic ribosome-inactivating proteins isolated from *Mirabilis jalapa* L. leaves against various cancer cell-lines. Journal of Medical Sciences. Vol. 42. Num. 1. 2010. p. 39-43.

20-Hassoun, A.; Siddiqui, S.A.; Smaoui, S.; Uca, I.; Arshad, R.N.; Garcia-Oliveira, P. Seafood processing, preservation, and analytical techniques in the age of Industry 4.0. Applied Sciences. Vol. 12. 2022. p. 1703.

21-Jiménez-Munoz, L.M.; Tavares, G.M.; Corredig, M. Design de alimentos futuros usando misturas de proteínas vegetais para melhor funcionalidade nutricional e tecnológica. Trends in Food Science & Technology. Vol. 113. Num. 1. 2021. p. 139-150.

22-Lima, C.T.; Lima, N.G.; Rodrigues, S.M.; Andrade Neves, N.; Meza, S.L.R.; Schmiele, M. Otimização experimental para o desenvolvimento de muffin com alto valor tecnológico e nutricional utilizando farinhas integrais de arroz, sorgo vermelho e feijão carioca. Research, Society and Development. Vol. 11. Num. 11. 2022. p. e34111133337.

23-Liu, F.; Li, M.; Wang, Q.; Yan, J.; Han, S.; Ma, C.; McClements, D.J. Alimentos futuros: proteínas alternativas, arquitetura alimentar, embalagens sustentáveis e nutrição de precisão. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Vol. 2022. Num. 1. 2022. p. 1-22.

24-Maldonade, I.; Lozada, M.; Amaro, G.; Oliveira, L.D.L.; Luengo, R.; Machado, E. Propriedades funcionais e nutracêuticas de

sementes de cucurbitáceas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 197. Brasília. Embrapa Hortaliças. 2019.

25-Marques, F.M.S.; Pereira, A.M.G.; Oliveira, M.V.; Cajazeiras, J.B.; Martins, M.G.Q. Efeito citotóxico do extrato aquoso de sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*) submetidas ou não ao tratamento térmico. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*. Vol. 11. Num. 2. 2021. p. 879-883.

26-Mattos, M.A. Bioprospecção do maxixe (*Cucumis anguria L.*): elaboração da farinha e apresentação de produto. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande. Cuité. 2016.

27-McArthur-Floyd, M.; Brako, M. Sensory evaluation of pumpkin flour-wheat flour composite cookies: Exploring nutritional enrichment and consumer acceptance. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*. Vol. 11. Num. 1. 2024. p. 001-009.

28-Meyer, B.N.; Ferrigni, N.R.; Putnam, J.E.; Jacobsen, L.B.; Nichols, D.E.J.; McLaughlin, J.L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plants constituents. *Planta Medica*. Vol. 45. Num. 1. 1982. p. 31-34.

29-Mosmann, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunological Methods*. Vol. 65. Num. 1-2. 1983. p. 55-63.

30-Nguta, J.M.; Mbaria, J.M.; Gakuya, D.W.; Gathumbi, P.K.; Kabasa, J.D.; Kiama, S.G. Biological screening of Kenyan medicinal plants using *Artemia Salina L.* (Artemiidae). *Pharmacologyonline*. Vol. 14. Num. 2. 2011. p. 358-361.

31-Pereira-Freire, J.A.; Souza Aquino, J.; Nascimento Campos, A.R.; Freitas Viana, V.G.; da Costa Júnior, J.S.; do Nascimento Silva, J.; Ferreira, P.M.P. Nutritional, physicochemical and structural parameters of *Mauritia flexuosa* fruits and by-products for biotechnological exploration of sustainable goods. *Food Technology and Biotechnology*. Vol. 60. Num. 2. 2022. p. 155-165.

32-Piekarski, F.V.B.W. Folha de abóbora: caracterização físico-química, mineral e efeito

da adição na reologia da massa e qualidade sensorial de pães contendo fibra alimentar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

33-Santana, G.S.; Oliveira Filho, J.G.; Egea, M.B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. *Revista de Agricultura Neotropical*. Vol. 4. Num. 2. 2017. p. 88-95.

34-Silva, J.D.N.; Monção, N.B.N.; Farias, R.R.S.; Citó, A.M.D.G.L.; Chaves, M.H.; Araújo, M.R.S.D.; Ferreira, P.M.P. Toxicological, chemopreventive, and cytotoxic potentialities of rare vegetal species and supporting findings for the Brazilian Unified Health System (SUS). *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. Vol. 83. Num. 13-14. 2020. p. 525-545.

35-Sousa, H.C.; Silva, N.J.P.; Pereira, E.M.; Silva Filho, C.R.M.; Macêdo, A.L.B. Qualidade físico-química e toxicológica de farinha obtida do eixo central de jaca. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Vol. 11. Num. 4. 2016. p. 91-98.

36-Souza, E.A. Caracterização física, química e avaliação da toxicidade do caroço do abacate (*Persea americana Mill*). Monografia de Graduação. Universidade Federal de Campina Grande. Cuité. 2015.

37-Storck, C.R.; Basso, C.; Favarin, F.R.; Rodrigues, A.C. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. *Brazilian Journal of Food Technology*. Vol. 18. Num. 4. 2015. p. 277-284.

38-Vale, C.P.; Loquete, F.C.C.; Zago, M.G.; Chiella, P.V.; Bernardi, D.M. Composição e propriedades da semente de abóbora. *FAG Journal of Health*. Vol. 1. Num. 4. 2019. p. 79-90.

39-Zanotto, D.L.; Bellaver, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1996. p. 1-5. (Comunicado Técnico, 215).

2 - Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Ministro Petrônio Portela (CMPP), Teresina, Piauí, Brasil.

E-mail dos autores:

ligianaraveloso@ufpi.edu.br
tiagosoaresnutricao@ufpi.edu.br
lais.castro123@ufpi.edu.br
rayran.ramos@hotmail.com
deborachrodrigues@gmail.com
deigianelima01@ufpi.edu.br
rayllarafenna@ufpi.edu.br
marleidesousa@ufpi.edu.br
sabrina.almondese@hotmail.com
pmpf@ufpi.edu.br
stellaarcanjo@ufpi.edu.br
joilane@ufpi.edu.br

Autor correspondente:

Tiago Soares.
tiagosoaresnutricao@ufpi.edu.br

Recebido para publicação em 15/01/2025

Aceito em 23/03/2025