Capítulo 46
DOI: 10.53934/20243-46

ECONOMIA CIRCULAR E O USO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Maria Vitória Lima Costa Donato[1]; Marcelo Edvan dos Santos Silva[2]; Suzana Pedroza da Silva[3]

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; E-mail: mariavitoria.donato@ufape.edu.br
[2] Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
[3]Docente do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE.

Resumo: A adoção de políticas sustentáveis é fundamental para preservar recursos naturais e promover o desenvolvimento econômico e ambiental. A produção de alimentos gera resíduos, incluindo efluentes industriais e resíduos sólidos altamente poluentes que requerem tratamento especial. Diante disso, a Economia Circular, no setor alimentício, entra como uma estratégia essencial para enfrentar os desafios complexos deste século, além de promover o desenvolvimento sustentável ao preservar e melhorar os recursos naturais, reduz o impacto ambiental das atividades agroalimentares. O objetivo deste artigo de revisão bibliográfica é destacar as principais utilizações dos resíduos como matéria-prima de interesse, destacando sua importância para o desenvolvimento sustentável, na indústria de alimentos. No setor agroindustrial, a recuperação e reutilização de resíduos como subprodutos pode desempenhar um papel crucial, não contribuindo apenas para a gestão consciente dos recursos naturais, mas também criando oportunidades para novos produtos e processos biotecnológicos. Os subprodutos agroindustriais, como cascas, sementes e bagaços de frutas, têm um grande potencial e podem ser usados na obtenção de compostos de interesse para produção de farinhas, enzimas, corantes naturais e antioxidantes, reduzindo o uso de recursos naturais. A Economia Circular promove a transformação desses subprodutos em matérias-primas valiosas, beneficiando a indústria de alimentos e o meio ambiente.

Palavras–chave: Desenvolvimento sustentável; Gestão de recursos; Subprodutos Agroindustriais

INTRODUÇÃO

No século XXI, a sociedade tem enfrentado desafios cada vez mais complexos -como esgotamento de recursos, mudanças climáticas, perda da biodiversidade e crescimento populacional (1) – e a adoção de políticas e estratégias sustentáveis possibilitou um desenvolvimento econômico e ambiental que preserva e aprimora os recursos naturais e os fluxos renováveis (2,3). A produção e o consumo de alimentos, assim como outras atividades econômicas, fazem uso de recursos ambientais, como solo, água e de biodiversidade, os quais desempenham papeis fundamentais no ecossistema, e produzem

resíduos, sendo necessário uma mudança para garantir o desenvolvimento sustentável do sistema agroalimentar (4).

Conforme a produção de alimentos cresce, aumenta-se a geração de resíduos (5). Os resíduos são a parte restante do processo produtivo - como matéria orgânica, águas residuais e gases (6) - onde os principais resíduos produzidos durante a produção alimentícia são os efluentes industriais (biológicos ou químicos) e os resíduos sólidos (orgânicos e recicláveis), por serem altamente poluentes requerem um tratamento especial e diferente entre si (7), devendo avaliar as diretrizes de classificação do que será reprocessado, tornando-se subproduto. É importante ressaltar que aquilo que não possui viabilidade de reutilização é denominado como rejeito (8). Os subprodutos da indústria agroalimentar (cascas, sementes, bagaços e folhas) apresentam grande potencial devido a quantidade de compostos bioativos, fibras e enzimas, que são de grande interesse para a produção de alimentos funcionais (9).

Para uma gestão correta de subprodutos, é necessário mudanças no sistema produtivo, onde a Economia Circular apresenta grande eficiência a médio e longo prazo, através da recuperação e reutilização de resíduos e subprodutos ao longo da cadeia produtiva (10), mudando seus processos produtivos, a fim de reduzir o desperdício, satisfazendo as necessidades dos consumidores de maneira sustentável (11), possibilitando o aumento do valor nutricional dos alimentos (12) e um suprimento mais seguro de matérias-primas, incentivando a competitividade e a inovação (13). O maior desafio é adaptar a indústria às demandas dos consumidores, que cada vez mais têm buscado consumir alimentos de forma consciente e sustentável, havendo uma crescente demanda por regulamentações ambientais ao longo dos anos, visto que um gerenciamento de resíduos eficientes pode melhorar os processos de produção, reduzir a produção de resíduos e, consequentemente, os custos (14).

O objetivo deste artigo de revisão bibliográfica é destacar as principais utilizações dos resíduos como matéria-prima de interesse, destacando sua importância para o desenvolvimento sustentável, na indústria de alimentos.

ECONOMIA LINEAR E ECONOMIA CIRCULAR

A maioria dos processos produtivos se baseia em um processo de extração, fabricação, uso e descarte, denominado “Modelo de Economia Linear” (Figura 2). Esse modelo é caracterizado pela extração de recursos a fim de produzir um bem material que, após o consumo, seus resíduos serão descartados de forma incorreta no meio ambiente (15). Esse processo resulta no desperdício do produto e de seus subprodutos, tornando-o ineficaz e insustentável ao longo do tempo (16).

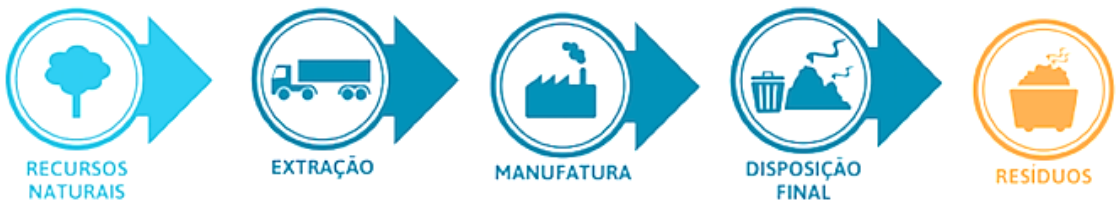


Figura 2 – Fluxo do Modelo de Economia Linear

Fonte: Maia et al. (2021) (15).

Diante disso, houve o surgimento de um modelo alternativo, conhecido como "Economia Circular" (Figura 3), que enfatiza a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (17). Por ser baseado na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, transformando o fluxo linear em fluxos circulares (18,19), o modelo visa a eliminação de desperdícios, proporcionando cadeias produtivas integradas que agregam valor a recursos e seus subprodutos extraídos e produzidos. Diante disso, representa uma estratégia concreta para alcançar os objetivos em questão, visto que os resíduos se tornam um recurso e são reintroduzidos no processo produtivo (20,21).



Figura 3 – Fluxo do Modelo de Economia Circular
Fonte: Maia et al. (2021) (15).

A Economia Circular transforma um sistema de extração, produção e consumo – característicos da economia linear – em um sistema de restauração e agregação do valor dos recursos naturais, sem que haja perda da qualidade (22). A implementação dos princípios da Economia Circular acarreta diversos benefícios ao meio ambiente e a sociedade (23), além de que a integração do desenvolvimento sustentável na produção de alimentos é essencial para garantir que a Economia Circular seja bem-sucedida, visto que ambos contribuem entre si para a gestão consciente dos recursos naturais e visam a redução do desperdício de alimentos e de impactos ambientais (24). Desempenha também um papel fundamental para valorização de resíduos e subprodutos provenientes do setor, abrindo oportunidades na criação de novos produtos e melhoria de processos biotecnológicos (25).

GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA AGROINDÚSTRIA

A agroindústria é estruturada pelos setores dedicados à agricultura, pecuária, silvicultura e pesca, onde ocorrem transformações de matérias primas em produtos semi-prontos para o consumo humano (26), sendo subdividida de acordo com diferentes processamentos da matéria-prima (27). Durante os anos, têm sido caracterizadas por inovações tecnológicas que implementam processos produtivos eficientes, desde o cultivo até o consumo, visando a redução de custos e competitividade de mercado a fim de satisfazer o público consumidor (28).

Atualmente, o desperdício é um grande problema agroindustrial que pode levar a instabilidade no ambiente e danos à saúde pública devido à sua má disposição (29). Estes resíduos, geralmente, são utilizados inadequadamente e são dispostos em aterros sanitários – levando a contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas – ou submetidos a incineração a fim de diminuir o acúmulo (30), aumentando o desequilíbrio do ecossistema (31). Por esta razão, é necessário estudar e entender a composição química e o seu potencial do resíduo em questão, para que possam ser introduzidos como matéria-prima em vários processos, passando a ser classificados como subprodutos, evoluindo para uma Economia Circular (32).

Diante disso, alguns países têm desenvolvido e implementado tecnologias a fim de recuperar e reutilizar estes resíduos agroalimentares de maneira eficiente através da conversão dos resíduos em energia (33), utilizando a digestão anaeróbia para produção de biogás (34), compostagem e vermicompostagem para produção de fertilizantes (31) e por tratamento mecânico biológico (MBT) para recuperar compostos sólidos ferrosos ou não ferrosos e produzir biogás (35).

PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DE RESÍDUOS COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Na busca pela recuperação de resíduos e introdução de subprodutos na produção de alimentos é de interesse observar o potencial de extração e aplicação da matéria residual (36), sendo uma excelente opção no gerenciamento de resíduos e na diminuição do uso de recursos naturais (37), através de produtos como farinhas, corantes, enzimas e antioxidantes (Quadro 1). Vale ressaltar que o termo “subproduto” se refere ao resíduo que apresenta potencial reutilização como matéria-prima ou ingrediente no processo produtivo, transformando o custo de seu descarte em um benefício (38).

Quadro 10 – Aplicações Tecnológicas de subprodutos alimentícios na Industria de Alimentos

Subprodutos	Aplicação	Referências
Cascas, sementes e bagaços de frutas	Farinhas	(39-42)
Cascas de frutas e vegetais	Corantes naturais	(43-48)
Sementes, cascas e polpa residual	Enzimas	(52-57)
Polpas, sementes, cascas e bagaços	Antioxidantes	(58,59)

Fonte: Autora (2023).

As farinhas são obtidas através da moagem de cereais, fazendo parte dos principais alimentos da dieta humana (39) e apresentando a necessidade de fortificação através de compostos e vitaminas, para equilibrar o valor nutricional diário necessário para alimentação humana. Subprodutos como sementes, cascas e bagaços de frutas apresentam compostos nutricionais e sensoriais de grande interesse para elaboração de alimentos funcionais (40). Em consequência disso, estudos têm sido realizados para substituição parcial de farinhas de aveia, trigo e milho por farinhas dos subprodutos em questão, mostrando um impacto favorável na obtenção desses produtos, visto que há um aumento no conteúdo nutricional e antioxidante, sem alteração das características físicas e organolépticas.

Os corantes industriais são classificados de acordo com a sua origem sendo dividida em duas classes: os corantes sintéticos – que são obtidos a partir de derivados do petróleo - e os corantes naturais – que são obtidos a partir de extratos de frutas e legumes (43). Os corantes naturais podem fornecer capacidades antioxidantes e aumentar o valor nutricional dos alimentos, sendo considerado mais seguros para o consumo do que os sintéticos devido às preocupações dos consumidores com a saúde e o ambiente (44,45). Entre os corantes naturais disponíveis nos subprodutos alimentares estão a betanina, a luteína, a riboflavina e as antocianinas, que se encontram principalmente nos resíduos de cascas de fruta (46).

As enzimas são de grande importância no setor industrial, pois permitem um desenvolvimento sustentável, reduzem a carga química de processos, eliminam substâncias tóxicas e reduzem poluentes (49). As enzimas mais utilizadas são as lipases, carboidrases, proteases e polimerases (50). É de grande interesse para indústria de alimentos utilizar enzimas e a partir disso produzir enzimas de resíduos provenientes de processos produtivos de bebidas, carnes, laticínios, frutas e hortaliças (51).

Os antioxidantes são derivados do metabolismo secundário das plantas e são comumente definidos como polifenóis ou compostos fenólicos (54). Encontram-se normalmente nas polpas, sementes, cascas e bagaços de legumes, frutas e leguminosas consumidos diariamente pelos seres humanos. Alguns estudos apresentam que o consumo de alimentos ricos em antioxidantes pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares, melhorar a função cognitiva e auxiliar na manutenção da saúde da pele (55).

CONCLUSÕES

O uso de políticas e estratégias sustentáveis é fundamental para promoção de preservação de recursos naturais e gerar fluxos renováveis na indústria de alimentos, visto que o aumento de produção leva a uma crescente geração de resíduos sólidos e efluentes industriais. Dessa forma, um gerenciamento eficiente, além de melhorar os processos de produção, reduz a produção de resíduos e, consequentemente, os custos, tornando o uso de uma Economia Circular uma abordagem altamente benéfica para a indústria de alimentos, permitindo a extração de compostos valiosos, que podem ser usados na produção de alimentos funcionais, corantes naturais, enzimas e antioxidantes. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento sustentável e a criação de um sistema alimentar mais eficiente e sustentável, atendendo às necessidades dos consumidores conscientes e promovendo uma economia mais verde.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco - FACEPE e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ.

REFERÊNCIAS

1. Lewandowski, M. Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual framework. Sustainability. 2016; 8(43).
2. Dolinsky M, Maier S. Market-based approach in shift from linear economy towards circular economy supported by game theory analysis. Creative and Knowledge Society 2015;5(2):1-10.
3. Sørensen P. From the linear economy to the circular economy: a basic model. FinanzArchiv 2018;74(1):71.
4. Aschemann-Witzel, J, Peschel, AO. How circular will you eat? The sustainability challenge in food and consumer reaction to either waste-to-value or yet. Food Quality and Preference. 2019;77: 15-20.
5. Baptista JLM, Rodolpho D. Gestão dos Resíduos na Indústria Alimentícia. Interface Tecnológica. 2021; 18(1):567-79.
6. SEBRAE. O que são resíduos e o que fazer com eles. [Internet]. Acesso em: 05 out. 2023. Disponível em: sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-sao-residuos-e-o-que-fazer-com-eles,ca5a438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD.
7. TERA AMBIENTAL. Quais são os resíduos gerados pela indústria alimentícia? 2016. [Internet]. Acesso em: 05 out 2023. Disponível em: https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/quais-sao-os-residuos-gerados-pela-industria-alimenticia.
8. Castrica M, Rebucci R, Giromini C, Tretola M, Cattaneo D, Baldi A. Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. Italian Journal of Animal Science. 2019; 18:336-341.
9. European Commission, Consumers, Health, Agriculture and Food Executive Agency, Duke C, Thorun C, Dekeulenaer F, Svatikova K, Smit T, Lucica E et al. Behavioural study on consumers' engagement in the circular economy: final report. [Internet]. 2018. Acesso em: 04 out 2023. Disponível em: doi/10.2818/956512.
10. Loo E, Hoefkens C, Verbeke W. Healthy, sustainable and plant-based eating: perceived (mis)match and involvement-based consumer segments as targets for future policy. Food Policy 2017; 69:46-57.
11. Stahel, W.R. The circular economy. Nature, 2016; 531:435–438.
12. Velte, CJ, Scheller, K, Steinhilper, R. Circular economy through objectives—Development of a proceeding to understand and shape a circular economy using value-focused thinking. Procedia CIRP. 2018; 69:775–780.
13. AZEVEDO, FPM. A educação ambiental como vetor para fomentar a economia circular: um estudo de caso em uma escola pública da cidade de Manaus. [Dissertação]. Manaus: Universidade Federal do Amazonas; 2020. 103f.
14. Sariatli F. Linear economy versus circular economy: a comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development 2017;6(1):31-34.
15. Maia VSF, Shibata AE, Romão EM. Review of the new production models: Circular Economy, Bioeconomy and Biosociety. Research, Society and Development. 2021;10(9).
16. Goulielmos, AM. Linear and nonlinear strategic management: with applications to shipping. Modern Economy 2018;09(01):97-124.
17. Zwiers J, Jaeger-Erben M, Hofmann F. Circular literacy. a knowledge-based approach to the circular economy. Culture and Organization 2020;26(2):121-141.

18. Blomsma F, Brennan G. The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. Journal of Industrial Ecology 2017;21(3):603-614.
19. D'Amato D, Droste N, Allen B, Kettunen M, Lähtinen K, Korhonen J, Leskinen P, Matthies BD, Toppinen A. Green, circular, bioeconomy: A comparative analysis of sustainability avenues. Journal of Cleaner Production. 2017; 168:716-734.
20. Abdalla FA, Sampaio ACF. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. Revista Entorno Geográfico. 2018;15(2):82-102.
21. Sharma YK, Mangla SK, Patil PP, Liu S. When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain. Manag Decis. 2019; 57:995-1017.
22. Laumann F, Tambo T. Enterprise Architecture for a Facilitated Transformation from a Linear to a Circular Economy. Sustainability. 2018;10(3882).
23. Hamam M, Chinnici G, Di Vita G, Pappalardo G, Pecorino B, Maesano G, et al. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review. Sustainability. 2021;13(6).
24. Vlajic JV, Mijailovic R, Bogdanova M. Creating loops with value recovery: empirical study of fresh food supply chains. Prod Plan Control. 2018;29(6):522-538.
25. Ghiffari RA. Development of Eucalyptus Oil Agro-industries in Kabupaten Buru. Procedia Soc Behav Sci. 2016; 227:815-823.
26. Mullen AM, Álvarez C, Pojić M, Hadnadev TD, Papageorgiou M. Classification and target compounds. *In*: Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2015; pp. 25–57. ISBN 9780128004197.
27. Paiva T, Ribeiro M, Coutinho P. R&D Collaboration, Competitiveness Development, and Open Innovation in R&D. J Open Innov Technol Mark Complex. 2020; 6:116.
28. Mena C, Adenso-Diaz B, Yurt O. The causes of food waste in the supplier-retailer interface: Evidences from the UK and Spain. Resour Conserv Recycl. 2011; 55:648-658.
29. Melikoglu M, Sze C, Lin K, Webb C. Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. Cent Eur J Eng. 2013; 3:157-164.
30. Al-Rumaihi A, McKay G, Mackey HR, Al-Ansari T. Environmental Impact Assessment of Food Waste Management Using Two Composting Techniques. Sustainability. 2020; 12:1595.
31. Sherwood J. The significance of biomass in a circular economy. Bioresour Technol. 2020; 300:122755.
32. Shehzad A, Bashir MJK, Sethupathi S, Lim JW. An overview of heavily polluted landfill leachate treatment using food waste as an alternative and renewable source of activated carbon. Process Saf Environ Prot. 2015; 98:309-318.
33. Esparza I, Jiménez-Moreno N, Bimbela F, Ancín-Azpilicueta C, Gandía LM. Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. J Environ Manag. 2020; 265:110510.
34. Galanakis CM. Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2015.
35. Fei F, Wen Z, Huang S, De Clercq D. Mechanical biological treatment of municipal solid waste: Energy efficiency, environmental impact and economic feasibility analysis. J Clean Prod. 2018; 178:731-739.

36. Ravindran R, Jaiswal AK. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. Trends in Biotechnology. 2016; 34:58-69.
37. Strazza C, Magrassi F, Gallo M, Del Borghi A. Life Cycle Assessment from food to food: A case study of circular economy from cruise ships to aquaculture. Sustainable Production and Consumption. 2015; 2:40-51.
38. Pagotto M, Halog A. Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential. Journal of Industrial Ecology. 2016; 20:1176-1186.
39. Iuga M, Mironeasa S. Potential of grape byproducts as functional ingredients in baked goods and pasta. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2020; 19:2473-2505.
40. Sainz RL, Szezecinski ACSF, Fontana M, Bosenbecker VK, Ferri VC, do Nascimento CO. Uso de harina de baya de uva en la producción de cookies. BIO Web of Conferences. 2019; 12:04003.
41. Koca I, Tekguler B, Yilmaz VA, Hasbay I, Koca AF. The use of grape, pomegranate and rosehip seed flours in Turkish noodle (erişte) production. J Food Process Preserv. 2018;42.
42. Masli MDP, Gu B, Rasco BA, Ganjyal GM. Fiber-Rich Food Processing Byproducts Enhance the Expansion of Cornstarch Extrudates. J Food Sci. 2018; 83:2500-2510.
43. Backes E, Pereira C, Barros L, Prieto MA, Genena AK, Barreiro MF, Ferreira ICFR. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from Ficus carica L. peel by heat, microwave, and ultrasound based extraction techniques. Food Res Int. 2018; 113:197-209.
44. Parra-Campos A, Ordóñez-Santos LE. Natural pigment extraction optimization from coffee exocarp and its use as a natural dye in French meringue. Food Chem. 2019; 285:59-66.
45. Mourtzinos I, Prodromidis P, Grigorakis S, Makris DP, Biliaderis CG, Moschakis T. Natural food colorants derived from onion wastes: Application in a yoghurt product. Electrophoresis. 2018; 39:1975-1983.
46. Mitrea L, Călinoiu L-F, Martău GA, Szabo K, Teleky B-E, Mureșan V, Rusu A-V, Socol C-T, Vodnar DC. Poly (vinyl alcohol) -Based Biofilms Plasticized with Polyols and Colored with Pigments Extracted from Tomato By-Products. Polymers. 2020; 12:532.
47. Noronha Matos KA, Praia Lima D, Pereira Barbosa AP, Zerlotti Mercadante A, Campos Chisté R. Peels of tucumã (Astrocaryum vulgare) and peach palm (Bactris gasipaes) are by-products classified as very high carotenoid sources. Food Chem. 2019; 272:216-221.
48. Koubaa M, Barba FJ, Grimi N, Mhemdi H, Koubaa W, Boussetta N, Vorobiev E. Recovery of colorants from red prickly pear peels and pulps enhanced by pulsed electric field and ultrasound. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2016; 37:336-344.
49. Kantifedaki A, Kachrimanidou V, Mallouchos A, Papanikolaou S, Koutinas AA. Orange processing waste valorisation for the production of bio-based pigments using the fungal strains Monascus purpureus and Penicillium purpurogenum. J Clean Prod. 2018; 185:882-890.
50. Sarmah N, Revathi D, Sheelu G, Yamuna Rani K, Sridhar S, Mehtab V, Sumana C. Recent advances on sources and industrial applications of lipases. Biotechnol Prog. 2018; 34:5-28.

51. Guo J, Miao Z, Wan J, Guo X. Pineapple peel bromelain extraction using gemini surfactant-based reverse micelle—Role of spacer of gemini surfactant. Sep Purif Technol. 2018; 190:156-164.
52. Grande L, Dolino O, Montecastro DB, Basilio AM, Ph AE. Low-cost Recovery of Bromelain Solids from Industrial Pineapple Peel, Pulp, and Core Wastes Using Ethanolic Cashew Leaf Polyphenol. Philipp J Sci. 2020; 149:581-587.
53. Okino-Delgado CH, Pereira MS, da Silva JVI, Kharfan D, do Prado DZ, Fleuri LF. Lipases obtained from orange wastes: Commercialization potential and biochemical properties of different varieties and fractions. Biotechnol Prog. 2019;35:e2734.
54. Pereira ADS, Fontes-Sant'Ana GC, Amaral PF. Mango agro-industrial wastes for lipase production from Yarrowia lipolytica and the potential of the fermented solid as a biocatalyst. Food Bioprod Process. 2019; 115:68-77.
55. Rizk MA, El-Kholany E, Abo-Mosalum EMR. Production of α-amylase by Aspergillus niger isolated from mango kernel. Middle East J Appl Sci. 2019; 9:134-141.
56. Gordobil O, Olaizola P, Banales JM, Labidi J. Lignins from Agroindustrial by-Products as Natural Ingredients for Cosmetics: Chemical Structure and In Vitro Sunscreen and Cytotoxic Activities. Molecules. 2020; 25:1131.
57. Silva Tom N, Nogueira JP, Rezende YRRS, Oliveira CS, Narain N. Bioactive compounds and antioxidants activities in the agro-industrial residues of berries by solvent and enzyme assisted extraction. Food Science and Technology. 2022;42:e61022.
58. Herranz-López M, Barrajón-Catalán E. Antioxidants and Skin Protection. Antioxidants. 2020; 9:704.
59. Moo-Huchin VM, Moo-Huchin MI, Estrada-León RJ, Cuevas-Glory L, Estrada-Mota IA, Ortiz-Vázquez E, Betancur-Ancona D, Sauri-Duch E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. Food Chemistry. 2015; 166:17-22.