

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS: APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS NA AGROINDÚSTRIA

METHODS OF EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS: UTILIZATION OF BYPRODUCTS IN AGROINDUSTRY

MARLON THIAGO CARVALHO. Tecnólogo em Alimentos, formado pela Faculdade de Tecnologia SENAI. Especialista em Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Estadual de Maringá – UEM.

ROSÂNGELA BERGAMASCO. Doutora e Pós-doutorado, Vínculo com universidade Estadual de Maringá, Atividade docente/pesquisadora, Departamento de engenharia química.

RAQUEL GUTTIERRES GOMES. Doutora, Vínculo Universidade Estadual Maringá Atividade docente / pesquisadora, Departamento de Engenharia de Alimentos.

Rua Protásio Alves, número 2832, Bairro Tocantins, Toledo/PR. CEP 85903-698. E-mail: marlon_thiagoo@hotmail.com.

RESUMO

A atividade agroindustrial gera altas quantidades de resíduos que podem causar impacto ambiental. Cada vez mais a população tem buscado uma alimentação saudável e nutritiva, na qual o aproveitamento dos subprodutos provenientes da agroindústria pode ser uma das alternativas, melhorando a qualidade nutricional dos alimentos e reduzindo os impactos. Para extrair os compostos bioativos presentes nos alimentos, muitas técnicas têm sido utilizadas sendo, a mais difundida, a extração por solventes. Esta técnica aplicada em diferentes matrizes nas quais, a combinação do solvente e de aquecimento facilita a transferência de massa. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi mostrar uma revisão bibliográfica das atuais tendências e resultados na extração de compostos bioativos em subprodutos da cadeia da agroindústria alimentar, relatando os subprodutos trabalhados, métodos aplicados e alternativas emergentes aos métodos convencionais. Os métodos não convencionais que se destacam na extração de compostos bioativos são: utilização de solventes não convencionais, extração por pressão negativa, extração supercrítica com CO₂, extração líquida pressurizada, extração com água subcrítica, extração assistida por ultrassom e extração por membranas filtrantes. Com a utilização dos métodos não convencionais o que destaca como vantagem é o aumento nos teores de compostos obtidos e maior seletividade, além do uso de menor quantidade de energia e solventes biodegradáveis. Entretanto, esses métodos são pouco explorados em escala industrial devido ao alto custo e a necessidade de ajustes no processo. Algumas pesquisas têm apresentado alternativas promissoras à extração, entre elas estão a fermentação, auto-hidrólise e aplicação direta como componente do alimento.

Palavras-chave: Compostos bioativos. Extração de compostos fenólicos. Subprodutos de alimentos.

ABSTRACT

The activity agroindustry generates high amounts of waste that can cause environmental impact. The man has increasingly sought a feeding healthy and

rich in nutrients, where the use of the byproducts from the agroindustry can be one of the alternatives, being able help to increase the nutritional quality of food and reduce environmental impacts. To extract the bioactive compounds, present in the food, many techniques have been used being, the most widespread, by solvents. These applied in different matrices where the combination of solvent and heating facilitates the transfer of mass. The objective this study is show a bibliographical revision of current trends and results in the extraction of bioactive compounds in byproducts of the food agroindustry chain, reporting the worked byproducts, applied methods and alternatives emerging to conventional methods. The methods that stand out in the extraction of unconventional bioactive compounds are: Use of unconventional solvents, negative pressure extraction, supercritical extraction with CO₂, pressurized liquid extraction, subcritical water extraction, assisted extraction by Ultrasound and filtering membrane extraction. With the use of non-conventional methods what highlights as an advantage is the increase in the levels of compounds obtained and greater selectivity, use of less energy and biodegradable solvents, however, these methods are little explored on an industrial scale perhaps by the price and need for adjustments in the process. Some researches have presented promising alternatives to the extraction, among them are the fermentation, auto-hydrolysis and direct application as a food component.

Key-words: Bioactive compounds. Extraction of phenolic compounds. Food by products.

1 INTRODUÇÃO

A atividade agroindustrial apresenta-se de forma muito intensificada em todo o mundo, conseqüentemente a cadeia de produção gera alta quantidade de resíduos agroindustriais, que pode estar diretamente ligado ao impacto ambiental. Tal fato tem ocasionado o aumento na busca por alternativas sustentáveis para o aproveitamento da matéria orgânica gerada pela agroindústria, porém, dificuldades são observadas como falta de tempo para processamento e tecnologia disponível (SILVA, 2016).

O homem necessita de uma alimentação saudável, rica em nutrientes, sendo que um dos meios para que isso ocorra pode ser o aproveitamento de partes de alimentos que normalmente são descartados durante a cadeia agroindustrial (LIMA, et al., 2016), demonstrando uma oportunidade desafiadora para o desenvolvimento sustentável das indústrias (DAMMAK et al., 2016). Para tanto, um dos principais focos é destacar a capacidade funcional dos compostos fitoquímicos extraídos de plantas, que quando consumidos possam exercer efeitos na melhora da saúde dos consumidores (RAMIREZ et al., 2016).

Um dos fatores relacionado na utilização desses subprodutos são as propriedades antioxidantes, com foco na substituição ou redução de aditivos artificiais nos alimentos (FASOLATO et al., 2016). Pesquisadores tem apresentado um forte interesse pela biopreservação, aplicando compostos fenólicos como potencial alternativo na substituição de aditivos alimentares (NUNES, et al., 2016).

Atualmente, muitos métodos clássicos também denominados de convencionais podem ser aplicados para extração de compostos bioativos, porém, estes métodos de extração apresentam desvantagens, como por exemplo, o alto consumo de energia, baixa eficiência de extração e longo tempo de processamento (NAFFATI et al., 2017). Para viabilidade econômica de um processo industrial é imprescindível trabalhar com métodos mais eficientes de extração, para isso fatores precisam ser estabelecidos como temperatura, tempo, tipo de solvente e metodologia (MINJARES-FUENTES et al., 2014).

2 OBJETIVOS

A presente revisão bibliográfica tem por objetivo destacar as atuais tendências e resultados na extração de compostos bioativos em subprodutos da cadeia da agroindústria alimentar, relatando os subprodutos trabalhados, métodos aplicados e alternativas emergentes aos métodos convencionais.

3 DESENVOLVIMENTO (REVISÃO)

3.1 COMPOSTOS BIOATIVOS

Os compostos que apresentam maior destaque com bioatividade são os fenólicos, fortemente presentes em vegetais, sendo que em sua composição química é característico a presença de um anel aromático ou mais grupos de hidroxilas. Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pelo sistema de defesa contra diversas agressões (SOUZA, 2015). Como produtos secundários dos metabólitos das plantas, conhecidos como metabólitos secundários, estes compostos são amplamente encontrados em alcachofra, azeitona, milho, arroz, açafrão, folhas de diversas plantas, uvas, maçã, pêra e cerejas (CASTRO-MUÑOZ, et al., 2016).

Compostos bioativos como antioxidantes, vitamina C e seus homólogos são considerados importantes contribuintes para saúde, estão presentes em arroz integral ou cereais, na forma insolúvel, ligadas à parede celular nas frações de cereais com farelo e casca (KIM et al., 2017). Já a curcumina extraído do rizoma de açafrão (*Curcuma longa* L.), é um agente de coloração forte e muito utilizado em alimentos para acentuar coloração. É classificado como um polifenol lipídico solúvel, e que apresenta atributos biológicos como ação antioxidante, anti-inflamatória, antiangiogênicos, anti-amilóide, anticâncer, antimicrobiano, cicatrização de feridas e propriedades hepatoprotetoras (BOURBON et al., 2016).

Os compostos fenólicos podem se dividir em duas classes: os não flavonoides e os flavonoides. Os não flavonoides incluem os derivados de ácido hidroxicinâmico e odifenóis assim como o hidroxitiroso, ácidos gálico e protocatecúico. Os compostos fenólicos apresentam estrutura química semelhantes aos açúcares, porém, com maior número de anéis aromáticos e, conseqüentemente, menos grupos hidroxilo (GALANAKIS, 2015). Espada-Bellido et al., (2017) relataram que os compostos fenólicos podem também ser divididos em três principais grupos, sendo ácidos fenólicos, flavonóis e antocianinas. Onde os flavonóis são quercetina-3-rutinosida, quercetina-3-glucosídeo e quercetina-3-malonilglucosídeo. Muitas plantas, ervas, frutas e

vegetais ou seus extratos e subprodutos são ricos nestes compostos bioativos e com grande potencial para uso alimentar (BISWAS et al., 2015).

3.2 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO CONVENCIONAIS

Extrações com solventes são as técnicas mais difundidas no meio industrial. Esta técnica é denominada de convencional e aplicada para diferentes matrizes, onde a combinação do solvente com o processo de aquecimento facilita a transferência de massa, porém apresentam as desvantagens de risco de degradação dos compostos termolábeis, além de ser um método com alto consumo de energia (BARBA et al., 2016).

Pintaça et al. (2018), empregaram o método convencional para extração de compostos polifenóis e triterpenóides de bagaço da uva (Carbeme Sauvignon, Merlot, Italian Riesling Agner e Bajilo) avaliando a eficácia de seis solventes (80 % de MeOH, 80 % de EtOH, EtOAc, acetona, ácido a 50% e 80 % de MeOH). Sendo os solventes mais eficiente: EtOAc para polifenóis, MeOH 50 % acidificado para antocianinas e acetona para ácido ursólico.

Mallek-ayadi et al., (2017) analisaram amostras de casca moída de melão (*Cucumis melo L.*) e encontraram nove classes de compostos fenólicos, demonstrando ser um produto rico em flavonoides totais ($95,46 \pm 0,15$ mg GAE/100 g extrato). O método utilizado para extração consistiu na utilização de 50 mL de etanol a 95% em agitador orbital a 30°C por 24 h, em seguida o extrato de amostra foi filtrado em papel de filtro, seco sob vácuo e o resíduo extraído.

Veber et al., (2015) determinaram a quantidade de compostos bioativos em diferentes matrizes de Jambolão, demonstraram que as folhas apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos totais ($237,52$ mg EAG 100 g⁻¹) em relação a cinco extratos dos frutos em diferente grau de maturação, destacando que o fruto verde foi o que apresentou maior quantidade de compostos fenólicos ($109,17$ mg EAG 100 g⁻¹). Nessa mesma pesquisa foram comparados três métodos de extração, sendo que entre a aquosa, quente e a frio, a extração hidro-etanólica a 50% de etanol promoveu os maiores conteúdos de fenóis totais, independente do material vegetal.

3.3 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO NÃO CONVENCIONAIS

a.) Extração com solvente não convencional

A escolha do solvente a ser utilizado se apresenta como um fator de grande importância na extração de compostos bioativos, principalmente quando busca-se pela obtenção de um ou mais compostos de interesse (SOUZA, 2015).

Com o aumento da aplicação da química verde, a atenção está voltada para métodos/técnicas denominados de ecologicamente corretas (JIM et al., 2017). A água tem sido frequentemente utilizada como solvente, devido sua característica em certas condições de pressão e temperatura adquirir propriedades semelhantes à de solventes orgânicos (KO et al., 2014).

Dias (2015) comparando a extração com solvente convencional e não convencional, obteve resultados significativos com líquidos iônicos, sendo o cloreto de cetilpiridínio mono-hidratado (CPyrCl) com razão sólido-líquido 30:1 (mg/ml) em concentração 0,1 M durante 1 h de extração foi o que apresentou

maior eficiência. Nestas condições ótimas, o rendimento de quercetina, canferol e isoramnetina foram de $3,56 \pm 0,01$, $0,13 \pm 0,01$ e $0,41 \pm 0,01$, para solvente convencional MeOH:H₂O (80:20%, v/v) e $2,68 \pm 0,15$, $0,09 \pm 0,01$, $0,46 \pm 0,03$ mg/g em amostras de planta *Asparagus acutifolius* L. Os líquidos iônicos, quando no estado líquido, em temperatura ambiente, são compostos por cátions orgânicos relativamente grandes, assimétricos e ânions inorgânicos ou orgânicos menores (JIM et al., 2017).

Outro grupo importante de solventes são os eutéticos profundos, considerados emergentes e que apresentam características apreciáveis, tais como baixa volatilidade em temperatura ambiente, são miscíveis em água, não inflamáveis e altamente viscosos. Solventes eutéticos são compostos por uma mistura de um aceptor de hidrogênio, geralmente o cloreto de colina, e um doador de ligação de hidrogênio comumente uma base orgânica (GARCÍA, et al., 2016).

García et al., (2016) demonstraram que a utilização dos solventes eutéticos profundos (SEP) apresentam promissora aplicação na extração em azeite de oliva virgem. Comparando as extrações com SEP, água como solvente e metanol obtiveram $189,7 \pm 13,4$, $69,76 \pm 5,23$, $133,5 \pm 5,1$ mg/kg respectivamente de compostos fenólicos totais, ainda foi possível observar maior seletividade para os compostos oleaceína e oleocanthal, com aumento de rendimento na extração de 20 a 33 % e 67,9 a 68,3 % respectivamente.

Fernández et al., (2018) aplicaram solvente eutético como ferramentas aquimométricas em comparação com solventes tradicionais (MeOH, H₂O). A combinação com melhor resultado foi de ácido láctico, glicose e 15% de água (LGH-15) em combinação com a extração em ultrassom de alta eficiência, que permitiu obter 14 fenóis diferentes em subprodutos industriais de cebola, azeitona, tomate e pera.

Bosiljkov et al., (2017) estudando a presença de antocianinas em borras de vinhos utilizaram no procedimento experimental o solvente eutético ChMa em comparação a métodos convencionais, com a combinação de ultrassom nas condições de tempo de extração, 30,6 min; potência de ultrassom, 341,5 W; e teor de água em 35,4% (v/v), e obtiveram valores máximos de $6,55 \text{ mg g}^{-1}$ dw, esses bem superiores aos da literatura.

b.) Extração por pressão negativa

Zhang et al., (2015) desenvolveram e validaram o método de extração por cavitação com pressão negativa assistida e homogeneização e compararam com a pulverização convencional na obtenção de cinco compostos ativos de *Pyrolaincarnata* Fisch. Os resultados da extração negativa com homogeneização possibilitaram a obtenção de amostras em tamanho mais adequados para extração, os parâmetros ideais foram 120 s de homogeneização, o qual com 30 s já foi possível obter um rendimento maior quando comparado com convencional, pressão negativa de $-0,05 \text{ MPa}$, uma razão líquido/sólido de $22,74 \text{ mL g}^{-1}$, com concentração do solvente etanol de 50,66 % por 30 min, com rendimentos de $2,718 \pm 0,114 \text{ mg g}^{-1}$ (arbutin), $0,859 \pm 0,053 \text{ mg g}^{-1}$ (epicatechin), $1,378 \pm 0,043 \text{ mg g}^{-1}$ (hyperin), $5,123 \pm 0,198 \text{ mg g}^{-1}$ (2'-O-galloylhyperin) e $0,390 \pm 0,014 \text{ mg g}^{-1}$ (chimaphilin).

Tian et al., (2015) aplicaram o método de extração com pressão negativa em matriz alimentícia linhaça, sob as condições ideais de pressão de extração -

0,04 MPa, temperatura de extração 35 °C, concentração de etanol 65 % v/v, tempo de extração 35 min, relação líquido/sólido 13,16:1 mL/g, a quantidade de NaOH (p/v): 1,39 % e volume de ventilação: 90 L/h. Os rendimentos de extração de secoisolariciresinol diglucoside (16,25 mg/g) e pureza (3,86 %).

Li et al., (2016) propuseram uma nova metodologia para aplicação em *Dalbergia odorifera* baseada na extração assistida por cavitação com pressão negativa com solventes eutécticos na proporção de cloreto de colina/etilenoglicol de 1:2 (mol/mol) com adição de água 26,51 %, sendo que as condições ótimas com pressão negativa -0,07 MPa, temperatura de extração 45,38 °C e relação solvente amostra líquido/sólido de 20:1 (mL/g). Os rendimentos obtidos foram 1,204, 1,057, 0,911 e 2,448 mg/g em peso seco de prunetin, tectorigenin, genistein e biochanin A, respectivamente.

c.) Extração Supercrítica com dióxido de carbono (CO₂) - ESC

Costa (2015) confrontou resultados obtidos por diferentes metodologias para extração de compostos bioativos de *Vernonia amygdalina* comumente, nome popular boldo. As metodologias aplicadas foram a extração por soxhlet com diferentes solventes: etanol (90 °C), diclorometano (50 °C) e hexano (80 °C) e a extração supercrítica (ESC) utilizando como solvente o CO₂, operando de 150 a 250 bar com temperatura de 40 a 60°C. Os resultados obtidos demonstraram rendimento 8% maior na extração convencional, porém, na identificação dos compostos foi possível observar uma baixa seletividade dos compostos extraídos. Já a extração com gases possibilita a obtenção de vários compostos entre eles os flavonoides, sesquiterpênicos, tocoferóis, diterpenóides, triterpenóides, aromas, pigmentos, óleos essenciais e vitaminas, sendo uma gama grande de compostos nutracêuticos e antioxidantes.

De acordo com o trabalho realizado por Mazzutti et al., (2017), a extração de compostos bioativos pelo método supercrítico utilizando CO₂ (16,5 ± 0,9mg GAE g⁻¹) apresentou valores inferiores quando comparado aos métodos de ultrassom e soxhlet (121 ± 6 e 65,5 ± 0,9 mg GAE g⁻¹), os baixos valores para a extração com hexano e CO₂ se deve à alta polaridade dos compostos presentes nas amostras estudadas de *Plantago major* e *Plantagolanceolata*.

Basegmez et al., (2017) estudaram processo para biorrefinação de bagaço de groselha negra utilizando extração ESC nas condições de 45 MPa de pressão, temperatura de 60 °C, fluxo de 2,0 SL/min, 120 minutos de extração para melhor isolamento da fração lipofílica e obtiveram 15 % de rendimento e 24,34 ± 1,45mg GAE/g composto fenólico total. Eles aplicaram também a extração líquida pressurizada empregando o extrator Dionex ASE 150 (Sunnyvale, CA, EUA) e extração assistida enzimática (EAE) com acetona, etanol e água no resíduo do processo de ESC, possibilitando obter de 12,3 a 39,9% de compostos fenólicos.

Garcia-Mendoza et al., combinaram os métodos de Extração Supercrítica com dióxido de carbono (CO₂) e extração Líquida Pressurizada – ELP com etanol, na obtenção de extratos da casca de manga (*Mangifera indica* L.), e os resultados foram comparados com extração convencional (CE) utilizando álcool como solvente. Para extração com ESC, ELP e CE os resultados de fenólicos totais (15,80± 0,40, 23,52± 0,41, 41,63± 0,19 mg GAE/g ext), flavonoides totais (7,99± 0,12, 4,06± 0,06, 10,51± 0,02 mg CE/g), (5,60± 0,60, 0,35± 0,35, 0,70±

0,89 mg β -carotene/g), demonstraram que as sucessíveis técnicas aplicadas resultam em um aumento no rendimento dos extratos.

Apesar das diversas vantagens que o método de extração supercrítico pode apresentar, ainda são necessários grandes investimentos para instalação de um sistema que opere em condições de pressões altas (COSTA, 2015).

d.) Extração Líquida Pressurizada - ELP

A extração com solvente pressurizado (ESP) ou líquida pressurizada (ELP) consiste em uma técnica automatizada que aplica temperatura e pressões elevadas em intervalos de tempo reduzidos. A temperatura garante uma melhor solubilização do composto, pelo aumento da difusão, enfraquecendo a interação soluto-matriz. A pressão ainda permite trabalhar com solvente acima do seu ponto de ebulição resultando em extração total com mais rapidez (JENTZER et al., 2015).

Li e Guo, (2016) demonstraram por meio de estudo, a eficiência da extração por ESP utilizando o extrator Dionex ASE 150 (Sunnyvale, CA, EUA) método não convencional em amostras de farinha de colza, quando comparado com o convencional. A técnica consistiu na extração com 100 % MeOH e adição de 1% NaOH, operando a 200 °C por 5 min, o que permitiu simultaneamente a extração e transformação da sinapina, ácido sinápico em canolol com rendimento de 7,23 mg de canolol/g. Para confirmação da eficácia do método ESP realizaram a extração por Soxhlet utilizando a mesma matriz a 100 °C por 12 h o que resultou em rendimentos de sinapina e ácido sinápico como 7,43 e 0,34 mg/g respectivamente, porém, não houve a presença de canolol.

Zago et al. (2015) ao aplicarem a hidratação da farinha de colza, buscando descartar a possibilidade de hidrólise enzimática endógena da sinapinam, e posteriormente secagem em estufa e torrefação por microondas, obtiveram valores significativos de extrato fenólicos totais $21,57 \pm 1,46$ mg gDM⁻¹, porém, baixo para teor de canolol $0,14 \pm 0,00$ mg gDM⁻¹.

Viganó et al., (2016) compararam os métodos convencionais (maceração e soxhlet) com a extração líquida pressurizada (ELP), determinando as condições ideais do método ELP (60 °C e etanol a 70%). Foi possível recuperar da casca de maracujá conteúdo fenólico de $3,186 \pm 0,025$ mg GAE/g de casca, para maceração $2,3 \pm 0,1$ mg GAE/g e $0,8 \pm 0,1$ soxhlet mg GAE/g. Ainda foi determinado o perfil fenólico da casca de maracujá sendo: iso orientina, vicenina, isovitexina, orientina e vitexina, 118 ± 2 , $85,0 \pm 0,4$, 25 ± 2 , 34 ± 3 e 17 ± 1 μ g/g respectivamente (VIGANÓ et al., 2016).

Machado et al., (2015) obtiveram resultados importantes na comparação da ELP com a convencional na extração de compostos bioativos de resíduos de amoras (*Rubus fruticosus L.*), utilizando como solvente etanol+água a 100 °C, com resultados de fenólicos totais 7,36 mg GAE/g, antocianinas monoméricas 1,02 mg C3GE/g resíduo fresco, atividade antioxidante 76,03 μ mol TE/g resíduo fresco.

Oliveira et al. (2016) avaliaram a recuperação de compostos bioativos a partir de resíduos indústrias de suco de maracujá, os subprodutos estudados foram: semente de maracujá e o bolo de semente. Os métodos de extração de fluido supercrítico com CO₂, conduzido a 40 °C e 50 °C e pressões de 150 a 300 bar, e as extrações de baixa pressão, maceração a frio e extração auxiliar ultrassônica, com solventes variados. Os melhores rendimentos foram obtidos por

extração de fluido supercrítico a 250 bar/40 °C para a semente ($27 \pm 1\%$) e maceração a frio com EtOH-H₂O (1/1, v/v) para o bolo de sementes ($6 \pm 1\%$).

e.) Extração com Água Subcrítica

O processo água subcrítica (SWE) consiste na aplicação de água a temperaturas superiores ao seu ponto de ebulição, porém com pressão elevada de modo a que permaneça em estado líquido. A temperatura acima do seu ponto de ebulição durante a extração resulta em eficiência e seletividade com vantagens de alta difusão, baixa viscosidade e baixa tensão superficial (ZAKRIA e KAMAL, 2016).

O interesse pela SWE tem aumentado devido a água não ser tóxica, custo relativamente baixo, não é um combustível, atua como solvente nas reações, ambientalmente segura, extremamente reativa e a água subcrítica pode agir como um catalisador ácido ou básico (KO et al. 2014).

Ko et al. (2014), analisaram a relação da estrutura de flavonoides e água subcrítica, e demonstraram que a água apresenta grande potencial como solvente. Em condições normais a água tem sido aplicada em substâncias iônicas, porém, quando submetida a condições críticas (alteração de pressão e temperatura) se torna um bom solvente para substâncias não iônicas. Getachew e Chun, (2016) aplicaram o método de extração por hidrólise de água subcrítica em 5 amostras de café de diferentes regiões geográficas obtendo quantidades de fenólicos totais que variaram de $133,1 \pm 4,2$ a $144,4 \pm 4,2$ mg GAE/g operando a 180 °C a 30 bar.

Chen et al., (2015) otimizaram a extração de um material enriquecido com pectina (PEM) obtido da polpa de beterraba, combinando os métodos de água subcrítica e assistido com ultrassom. Utilizando os parâmetros de relação líquido/sólido 44,03, temperatura de extração 120,72 °C, tempo de extração 30,49 min e 10,70 Mpa de pressão, obtendo assim rendimento de 24,63% de PEM com composição de ácido galacturônico (59,12 %) e arabinose (21,66 %).

Ko et al., (2016) aplicaram o método de extração com água subcrítica (SWE) em amostras de casca de mandarina seca para extração de flavonoides em duas condições, laboratoriais e em escala piloto (8 L) e os rendimentos obtidos foram bem próximos, 117,8 e 113,4 mg/g com rendimento de 96,3% para escala piloto. Os parâmetros utilizados para escala piloto foram de temperatura de extração de 130 °C, tempo de extração de 15 min e razão soluto/solvente de 1/34.

Naffati et al., (2017) analisaram o subproduto do processamento de chá (*A. uva-ursi*) pelo método de extração SWE e obtiveram rendimento de 10,64 g GAE/100 g em temperatura de 170 °C, durante 10 min de extração. Com o método clássico (maceração) o rendimento variou de 4,205 a 7,287 g GAE/100 g, utilizando etanol a 30% como solvente de extração.

f.) Extração Assistida por Ultrassom

Silva et al. (2016) aplicaram o processo assistido por ultrassom (EAU) para extração de compostos bioativos de cascas de lichia, e demonstraram por meio de planejamento experimental que a extração de compostos é dependente da temperatura e concentração de etanol, onde o tempo de extração não apresentou efeito significativo sobre o processo, sendo que nos parâmetros utilizados de 30 minutos de extração, temperatura de 60 °C e 70% de concentração de etanol, os resultados foram de $1232,2 \pm 42,28$ mg 100 g⁻¹.

Durante o processo de extração as cavitações acústicas geradas pelo ultrassom promovem a penetração do solvente nas paredes celulares da matriz vegetal, facilitando a liberação do conteúdo intracelular, em combinação a agitação que eleva a área de contato entre o solvente e os compostos alvos (CORBIN et al., 2015).

Huang et al. (2017) combinaram a extração assistida com ultrassom com solventes eutéticos para obtenção de rutina (Vitamina P), a partir de casca de trigo sarraceno. O solvente eutético foi uma combinação de cloreto de colina e glicerol com adição de 20 % de água, cujo o objetivo foi de diminuir a viscosidade, resultando em um aumento de 46,15% de rutina extraída, o que representa 9,6 mg/g de rutina por casca de trigo. Foi avaliado também a biodegradabilidade do solvente eutético validado, demonstrando ser viável ao impacto do meio ambiente com 70 % de decomposição após 28 dias.

Espada-Bellido et al., (2017) otimizaram o método de extração assistida por ultrassom por meio de metodologia de superfície resposta, baseada em 54 diferentes experimentos, onde a temperatura (10 a 70 °C) e composição do solvente (metanol 50 a 100 %) foram os parâmetros que mais influenciaram para obtenção de compostos fenólicos e antocianinas (1214,03 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 149,95 $\mu\text{g g}^{-1}$) em amostras de polpa de amora. Os parâmetros ideais foram amplitude ultrassônica de 70 %, ciclo de 0,7 s e 12:1,5 de razão solvente/sólido e 64 °C e 61 %, 48 °C e 76 % de temperatura e solvente para obtenção de compostos fenólicos e antocianinas, respectivamente.

Boukroufa et al. (2015) integraram as técnicas de ultrassom e micro-ondas, na extração de compostos bioativos a partir de 20 kg de casca de laranja, obtendo como produto óleo essencial (4,83 kg), compostos fenólicos (11,71 g GAE) e pectina (4,83 kg). O rendimento foi maior quando comparado com os métodos convencionais (3,42 kg, 8,25 g GAE, 3,66 kg) respectivamente e otimização do processo com redução de tempo e energia, na ausência de solventes.

g.) Extração por Membranas Filtrantes

Castro-Muñoz et al., (2016) avaliaram o processo de ultrafiltração (UF) com membrana de poro de 1kDa aplicado no aproveitamento de água residual clarificada de nixtamalização do processamento de milho. Sobas condições de 172 kPa, taxa de fluxo de alimentação 58 L h⁻¹, e temperatura 25 °C foi possível obter uma fração rica em polifenóis (951,85 \pm 6,99 mg L⁻¹) e com atividade antioxidante (1,56 \pm 0,00 IM Trolox mL⁻¹).

Galanakis (2015) apontou que os polifenóis por serem moléculas menores são capturadas na corrente do concentrado devido as características das moléculas maiores (proteínas e oligossacarídeos. Em termos de desenvolvimento de alimentos estas características agregadas podem ser adequadas, porém, em termos de separação de compostos é considerado um problema que necessita de purificações adicionais o que resulta em perda de rendimento e aumento de custo pelo processo adicional.

Castro-Muñoz et al. (2016) demonstraram a eficiência da ultrafiltração e nanofiltração na obtenção de compostos bioativos onde o processo segue as seguintes etapas: (a) Microfiltração poros 100-0,2 μm , retenção de macromoléculas (Suspensão solidas, proteínas, pectinas e fibras); (b) Ultrafiltração poros 4-30 kDa, retenção de antocianinas e polifenóis de peso

molecular elevados (3,4-DHPEA, p-HPEA, 3,4-DHEA-EDA); (c) Ultrafiltração poros 1-2 kDa e (d) Nanofiltração poros 400-150 Da, tem se a retenção de antocianinas e polifênóis de baixo peso molecular (Ácidos hidroxicinâmicos, hidroxitirosol, tirosol, ácido cafeico, ácido p-cumárico, catecol, rutina, ácido protocatepânico) e como resíduo do processo, água com baixa carga orgânica.

Morais (2016) combinou a técnica de membrana filtrante (ultrafiltração 4 KDa pressão de saída: 0,7 MPa; fluxo de recirculação: 70 L/h a 35 °C, nanofiltração 200-300 Da, pressão de saída: 2,0 MPa; fluxo de recirculação: 60 L/h a 35 °C), para o fracionamento e concentração de compostos bioativos a partir de extrações otimizada de folhas de gravioleira (*Annonamuricata L.*). A concentração de fenólicos totais na extração com metanol pressurizado à quente foi de 83 mg EAG/g e com etanol foi 64 mg EAG/g. Para anonacina e squamocina concentrações de $305,6 \pm 28,3 \mu\text{g/g-b.s.}$, $17,4 \pm 0,89 \mu\text{g/g-b.s.}$ no extrato metanólico e $226,0 \pm 0,1 \mu\text{g/g-b.s.}$, $4,75 \pm 0,41 \mu\text{g/g-b.s.}$

Rabelo (2016) aplicou o processo de concentração por meio de membrana filtrante (UF e NF), após a extração de compostos bioativos por processo de ultrassom assistida, as amostras foram concentradas em sistema tangencia a 20 bar em membranas de (NF270, DK e DL respectivamente 200-300, 150-300 e 150-300 MWCO (g/mol)¹) os rendimentos obtidos foram de $559 \pm 32,09 \text{ mg}$ de ácido gálico equivalente /g e $22,95 \pm 0,35 \text{ mg}$ de ácido clorogênico/g amos em extrato seco.

h.) Alternativas a extração com solventes

De acordo com estudos realizados por Silva et al. (2017) é possível obter quantidades satisfatórias de compostos bioativos sem aplicar uma série de técnicas que utilizam solventes. O produto analisado em questão foi a casca de jabuticaba com quantidade de polifenóis total de aproximadamente 150 mg GAE por 250 ml de chá de casca de jabuticaba, o método consistiu na imersão em água 90 a 100 °C com agitação manual por 35 minutos.

Riciputi et al. (2016) demonstraram que a fermentação láctica apresenta um efeito significativo na quantidade de compostos bioativos. O estudo constou da fermentação de tofu produzido a partir da farinha de soja, demonstrando que a adição de culturas como *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus ácido philius* podem acarretar um aumento significativo no valor agregado do produto, pela maior disponibilidade de isoflavonas sem afetar os ácidos graxos e tocoferóis.

Biswas et al. (2015) desenvolveram um produto a base de carne de ave e peru (30:70) adicionando a formulação respectivamente, pasta de casca de maçã, pasta de casca de banana, gel de aloe vera e pó de folha de baqueta a 2,0, 2,5, 2,0 e 0,5 g/100 g, (formulações T1, T2, T3 e T4). Com a aplicação de extração com etanol quente e água (50:50) obtiveram teores significantes para amostra de T1 fenólicos totais (18,7 mg GAE/100 g), flavonoides (8,74 mg GAE/100 g) e ácido gálico (4,9 mg/100 g), seguido por T4 > T3 > T2 > controle, no entanto, a amostra T4 com pó de folha de baqueta apresentou maior quantidade de β -caroteno (0,086 mg / 100 g), α -tocoferol (38,40 mg/100 g) e ácido ascórbico (5,43 mg / 100 g). Para o composto cianogênico a amostra T2 foi a que apresentou maiores teores, $158,8 \mu\text{g}/100 \text{ g}$.

Paucar-Menacho et al. (2016) estudaram os efeitos da germinação no perfil fenólico em milho roxo (*Zeamays L.*) e Kim, et al., (2017) avaliaram os efeitos da germinação e tratamento com alta pressão hidrostática em arroz

integral (*Oryza sativa* L.) e obtiveram um aumento significativo no perfil fenólico para ambos os produtos. Para a amostra de milho roxo avaliou-se também o aumento de g-aminobutyric acid (GABA) importante composto para regulação arterial, e para o arroz o aumento no conteúdo de vitamina E.

Najafabadi et al. (2017) demonstraram que a irradiação gama apresenta um efeito significativo sobre as qualidades físico-químicas do fruto jujuba onde a irradiação até 2,5 kGy causou aumento da antocianina monomérica total e do conteúdo fenólico total (cerca de 12% e 6%, respectivamente).

Fasolato et al. (2016), ressaltaram a importância de compreender os efeitos que os fatores ambientais podem causar sobre os compostos bioativos de extratos de plantas, quando aplicados em alimentos, parâmetros como pH, Aw e luz podem reduzir ou aumentar a capacidade antimicrobiana.

Sepúlveda et al., (2018) aprimoraram o processo de auto-hidrólise de resíduos de abacaxi, por meio da ferramenta de Box-Behnken Design obtendo com as melhores condições (150 ° C, 30 min e 1:10 w/v), glicose 27,6 g/L e frutose 33,8 g/L para polifenóis totais 1,75 g/L (200 °C, 30 min e 1:10 p/v) ainda foi possível outros compostos em menores quantidades: ácido gálico, ácido hidroxibenzoico, ácido clorogênico, epicatequina, ácido cumárico e ácido cafeico.

Ballesteros et al. (2017) confirmaram a eficiência do método de extração de compostos e bioativos polissacarídeos por auto-hidrólise de resíduo de café. As condições experimentais ideais para o processo incidiram no uso de 15 ml de água/g material, durante 10 min a 160 °C, os produtos obtidos foram: galactose, manose, glicose, arabinose e compostos fenólicos (234,14 07 mg GAE/g LM) e açúcares redutores (93,93 mg GLU/g LM).

De forma geral, aos métodos discutidos nesse trabalho podemos verificar que são muitos os compostos que podem ser recuperados por métodos alternativos, como exposto na Tabela 1 - Tipos de métodos aplicados na extração de bioativos, mostrando assim a importância de aplicação em resíduos agroindustriais.

Tabela 1 - Tipos de métodos aplicados na extração de bioativos

Método	Solvente	Composto recuperado	Subproduto ou produto	Referências
Extração com líquido iônicos	Cloreto de cetilpiridínio monohidratado	Quercetina, canferol e isoramnetina	<i>Asparagusacuti folius</i> L	Dias, 2015. (JIM et al., 2017).
Extração com solventes eutéticos profundos	ChCl/xilitol e ChCl/1,2-propanodiol. Cloreto de colina/etileno glicol (1:2 mol/mol).	Compostos fenólicos totais (oleacénina e oleocanthal). Prunetin, tectorigenin, genistein e biochanin. Rutina	Azeite de oliva virgem. <i>Dalbergia odorífera</i> . Casca de trigo sarraceno.	García et al., 2016. Li et al., 2016. Huang et al., (2017)

	Cloreto de colina e glicerol+H ₂ O 20%.			
Extração por pressão negativa	Etanol. cloreto de colina/etileno glicol de 1:2 (mol/mol). Etanol 65 %	Arbutin, epicatechin, hyperin, 2'-O-galloylhyperion, chimaphilin. secoisolariciresinoldi glucoside	<i>Pyrolaincarnata</i> Fisch. <i>Dalbergiaodorifera</i> Linhaça	Zhang et al., 2015. Li et al., (2016) Tian et al., 2015 Costa, 2015.
Extração Supercrítica com dióxido de carbono (CO ₂)	Dióxido de carbono	Compostos bioativos, fenólicos totais	Boldo (<i>Vernoniaamygdalina</i>) <i>Plantago major</i> e <i>Plantagolanceolata</i> Bagaço de groselha negra Casca de mangá Semente de maracujá	Mazzutti et al., 2017. Baegmez et al., 2017. Garcia-Mendoza et al., 2015 Oliveira et al. 2016
Extração Líquida Pressurizada	MeOH+ 1 % de NaOH Etanol a 70 % Etanol+H ₂ O	Canolol Isoorientina, vicenina, isovitexina, orientina e vitexina. Fenólicos Totais, antocianinas monoméricas.	Farinha de colza Casca de maracujá Resíduos de amoras	Li e Guo, 2016. Zago et al., 2015. Viganó et al., 2016. Machado et al., 2015.

Extração com Água Subcrítica	Água	Fenólicos totais Flavonoides: 117,8 e 113,4 mg/g	Café de 5 regiões geográficas	Getache we Chun, 2016.
		Compostos bioativos: 10,64 g GAE/100 g	Casca de mandarina seca	Ko et al., 2016.
		Pectina, ácido galacturônico e arabionose	Chá (<i>A. uva- ursi</i>)	Naffati et al., 2017.
		Compostos bioativos	Polpa de Beterraba	Chen et al., 2015.
Extração Assistida por Ultrassom	70 % de Etanol	Rutina	Cascas de lichia	Silva et al., 2016.
	Solvente eutético: cloreto de colina e glicerol+20 % de água Metanol (50 % a 100 %).	Compostos fenólicos e antocianinas.	Casca de trigo sarraceno	Huang et al., 2017.
		Óleo essencial, fenólicos	Polpa de amora	Espada- Bellido et al. 2017
Extração por Membranas Filtrantes (UF e NF)	Membrana de poro de 1 kDa, 4 KDa e 200-300 Da. 50 KDa	Polifenóis. Compostos fenólicos e anonacina e squamocina. Ácido clorogênico. Cafeína, teobromina e rutina.	Água residual clarificada de nixtamalização do processamento de milho. Folhas graviola. Alcachofra. Erva-mate	Castro- Muñoz et al., 2016a. Castro- Muñoz et al., 2016b. Morais (2016).

Rabelo
(2015).
Gerke,
(2016).

Fonte: O autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de extração de compostos bioativos não convencionais tem sido cada vez mais estudado como alternativa aos métodos convencionais/clássicos, como uma solução para o aproveitamento dos resíduos da agroindústria. Apesar da desvantagem do custo com a tecnologia aplicada para métodos não convencionais, observa-se uma grande vantagem, que é o aumento nos teores de compostos obtidos e maior seletividade, quando comparados aos métodos convencionais. Ressalta-se ainda que os métodos não convencionais atendem aos conceitos da química verde, que visa a aplicação de processos de extração de produtos, com baixo consumo de energia, com reduzidas operações unitárias e com uso de solventes alternativos, não só por utilizar quantidade menor de energia ou proporcionar o aproveitamento de resíduos, mas também pela utilização de solventes altamente biodegradáveis que ajuda na busca pela sustentabilidade do planeta. Entre os diversos pontos positivos observados na literatura destaca-se a falta da aplicação dos métodos em escala piloto, o que ajudaria no desenvolvimento para aplicação industrial. Algumas pesquisas apresentam alternativas promissoras a extração, no aproveitamento dos resíduos, entre elas, aplicação da fermentação, técnicas físicas e a utilização dos resíduos como componentes para enriquecimento de alimentos, aumentando ou disponibilizando teores consideráveis de compostos bioativos no produto final, sem a necessidade de aplicação de extração o que resulta em menor custo no produto final para o consumidor.

REFERÊNCIAS

ANDREO, D.; JORGE, N. Capacidade Antioxidante e Estabilidade Oxidativa de *Gengiber officinale*. Journal of Health Sciences. **Cient Ciênc Biol Saúde**, v.13, n.1, p. 33-7, 2011.

ARBOS, K. A.; STEVANI, P. C.; CASTANHA, R. F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, v. 60, n.2, p. 161-165, 2013.

BARBA, F. J. et al. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 49, p. 96-109, 2016.

BASEGMEZ, H. I. et al. Biorefining of blackcurrant pomace into high value functional ingredients using supercritical CO₂, pressurized liquid and enzyme assisted extractions. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 124, p. 10–19, 2017.

BALLESTEROS, L.; TEIXEIRA, J.; MUSSATTO, S. I. Extraction of polysaccharides by autohydrolysis of spent coffee grounds and evaluation of their antioxidant activity. **Carbohydrate Polymers**, v. 157 p. 258–266, 2017.

BISWAS, A. K. et al. Influence of novel bioactive compounds from selected fruit by-products and plant materials on the quality and storability of microwave-assisted cooked poultry meat wafer during ambient temperature storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 727-733, 2015.

BOURBON, A. I.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. Encapsulation and controlled release of bioactive compounds in lactoferrin-glycomacro peptide nanohydrogels: Curcumin and caffeine as model compounds. **Journal of Food Engineering**, v. 180, p. 110-119, 2016.

BOUKROUFA, M. et al. Bio-refinery of orange peels waste: A new concept based on integrated green and solvent free extraction processes using ultrasound and microwave techniques to obtain essential oil, polyphenols and pectin. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 24, p. 72–79, 2015.

BOSILJKOVA, T. et al. Natural deep eutectic solvents and ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. **Food and bioproducts processing**, v. 102, p. 195–203, 2017.

CASTRO-MUÑOZ, R.M.; BARRAGÁN, B. E.; YÁÑEZ, J.F. The Use of Nixtamalization Waste Waters Clarified by Ultrafiltration for Production of a Fraction Rich in Phenolic Compounds. **Waste Biomass Valor**, v. 7, p. 1167–1176, 2016a.

CASTRO-MUÑOZ, R.; YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J.; FÍLA, V. Phenolic compounds recovered from agro-food by-products using membrane technologies: An overview. **Food Chemistry**, v. 213, p. 753 - 762, 2016b.

CHEN, H.; FU, X.; LUO, Z. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. **Food Chemistry**, v. 168 p. 302–310, 2015.

CORBIN, C. et al. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum L.*) seeds. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 26, p. 176–185, 2015.

COSTA, F. M. **Extração de compostos bioativos de folhas de *Vernonia amygdalina Delile* utilizando dióxido de carbono em condições supercríticas**. UFU, 2015. 80 f. Tese (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2015.

DAMMAK, I. et al. Recovery of polyphenols from olive mill wastewater using drowning-out crystallization based separation process. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 34, p.326–335, 2016.

DIAS, J. C. C. **Novos métodos de extração de compostos bioativos de verduras**. Bragança: IPB, 2015. 43 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2015.

ESPADA, E.B. et al. Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (*Morusnigra*) pulp. **Food Chemistry**, v. 219, p. 23–32, 2017.

FASOLATO, L. et al. Agricultural by-products with bioactive effects: A multivariate approach to evaluate microbial and physicochemical changes in a fresh pork sausage enriched with phenolic compounds from olive vegetation water. **International Journal of Food Microbiology**, v.228, p. 34–43, 2016.

FERNÁNDEZ, M. I. Á. et al. Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. **Food Chemistry**, v. 239 p. 671–678, 2018.

GALANAKIS, C. M. Separation of functional macromolecules and micromolecules: From ultrafiltration to the border of nanofiltration. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, p. 44- 63, 2015.

GARCÍA, A. et al. Extraction of phenolic compounds from virgin olive oil by deep eutectic solvents (DESs). **Food Chemistry**, v.197, p. 554–561, 2016.

GARCIA-MENDOZA, M. P. et al. Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO₂ and pressurized solvent processes. **LWT - Food Science and Technology** V. 62, p. 131-137, 2015.

GERKE, I. B. B. **Extrato aquoso de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) clarificado: extração em batelada e processamento por membranas**. Curitiba: UFPR, 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Federal do Paraná, 2016.

GETACHEW, A. T.; CHUN, B. S. Influence of hydrothermal process on bioactive compounds extraction from green coffee bean. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.38, p. 24–31, 2016.

GULLON, B. et al. *In vitro* gastrointestinal digestion of pomegranate peel (*Punicagranatum*) flour obtained from co-products: Changes in the antioxidant potential and bioactive compounds stability. **Journal of Functional Foods**, v.19, p. 617–628, 2015.

HUANG, Y. et al. Green and efficient extraction of rutin from tartary buckwheat hull by using natural deep eutectic solvents. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1400–1405, 2017.

JENTZER, J. et al. Response surface methodology to optimise Accelerated Solvent Extraction of steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. **Food Chemistry**, v. 166, p. 561–567, 2015.

JIN, S. et al. Improvement of resveratrol production from waste residue of grape seed by biotransformation of edible immobilized *Aspergillus oryzae* cells and negative pressure cavitation bioreactor using biphasic ionic liquid aqueous system pretreatment. **Food and bioproducts processing**, v. 102, p.177–185, 2017.

KIM, M. Y. et al. Changes of phenolic-acids and vitamin E profiles on germinated rough rice (*Oryza sativa* L.) treated by high hydrostatic pressure. **Food Chemistry**, v. 217, p. 106–111, 2017.

KO, M.; CHEEIGH, C.; CHNG, M. Relationship analysis between flavonoids structure and subcritical water extraction (SWE). **Food Chemistry**, v. 143, p. 147-155, 2014.

KO, M.; KWON, H.; CHUNG, M. Pilot-scale subcritical water extraction of flavonoids from satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Markovich) peel. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 38, p.175–181, 2015.

LI, J.; GUO, Z. Concurrent extraction and transformation of bioactive phenolic compounds from rapeseed meal using pressurized solvent extraction system. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 152–159, 2016.

LI, L. et al. Efficient extraction and preparative separation of four main flavonoids from *Dalbergia odorifera* T. Chen leaves by deep eutectic solvents-based negative pressure cavitation extraction followed by macro porous resin column chromatography. **Journal of Chromatography**, n. 1033–1034, p. 40–48, 2016.

LIMA, J. P.; PORTELA, J. V. F.; MARQUES, L. EL-AOUAR, Â, A.; GOMES, J. P. **Aproveitamento de resíduos da melancia (*Citrulus lanatus*) para produção de farinha**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016. Brasil, Foz do Iguaçu, 2016.

MACHADO, A. P. F. et al. Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry. **Food Research International**, v. 77 p. 675–683, 2015.

MALLEKPAYADI, S.; BAHLOUL, N.; KECHAOU, N. Characterization, phenolic compounds and functional properties of Cucumismelo L. peels. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1691–1697, 2017.

MAZZUTTI, S. et al. Green-based methods to obtain bioactive extracts from *Plantago lanceolata* and *Plantago major*. **J. of Supercritical Fluids**, v. 119, p. 211–220, 2017.

MORAES, I. V. M. **Extração de compostos bioativos da folha da gravioleira (*Annonamuricata* L.) e concentração dos extratos por ultra e**

nanofiltração. Campinas: UNICAMP, 2016. 165 p. Tese (Doutorado em Tecnologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

MINJARES, R.F. et al. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v.106, p.179–189, 2014.

NAFFATI, A. et al. Recycling of filter tea industry by-products: Application of subcritical water extraction for recovery of bioactive compounds from *A. uva-ursi* herbal dust. **Journal of Supercritical Fluids**, v, 121, p. 1–9, 2017.

NAJAFABADI, N.S. et al. Effect of gamma irradiation on some physicochemical properties and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujubavar vulgaris*) fruit. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 130, p. 62–68, 2017.

NUNES, M. A. et al. Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 35, p. 139–148, 2016.

OLIVEIRA, D. A. et al. Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis sp.*) by-products: Sustainable recovery and biological activities. **J. of Supercritical Fluids**, v.111 p. 55–62, 2016.

PINTAÇA, D. et al. Solvent selection for efficient extraction of bioactive compounds from grape pomace. **Industrial Crops & Products**, v. 111, p. 279-390, 2018.

PAUCAR, L. M. et al. Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays L.*) by response surface methodology, **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 236-244, 2016.

RABEL, R. S. **Extração e concentração de compostos fenólicos a partir dos resíduos agroindustriais da alcachofra**. 2016. 168 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

RAMIREZ D. A. et al. Analytical methods for bioactive sulfur compounds in Allium: An integrated review and future directions. **Journal of Food Composition and Analysis**, Anaisl 2016.

RICIPUTI, Y. et al. Effect of fermentation on the content of bioactive compounds in tofu-type products. **Journal of Functional Foods**, v. 27, p. 131–139, 2016.

SEPÚLVELA, L.; ROMANÍ, A.; AGUILAR, C. N.; TEIXEIRA, J. Valorization of pineapple waste for the extraction of bioactive compound and glycosides using autohydrolysis. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 47 p. 38–45, 2018.

SILVA, C.; GARCIA, V. A. S.; FRANCISCATO, L. M. S. Extração Assistida por Ultrassom de Compostos Bioativos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 18, n.1, 2016. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 47 p. 38–45, 2018.

SILVA, C. S. **Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de caroço de manga: incorporação de substâncias bioativas e aproveitamento de resíduos agroindustriais**. 2016. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

SILVA, J. K. et al. Functional tea from a Brazilian berry: Overview of the bioactives compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 292-298, 2016.

SOUZA, C. G. **Extração de compostos bioativos e pectina da casca de maracujá utilizando sistema pressurizado e ultrassom**. Fortaleza: UFC, 2015. 75 p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

TIAN, H. et al. Negative pressure cavitation extraction of secoisolariciresinol diglycoside from flaxseed cakes. **Molecules**, v. 20, p. 11076-11089, 2015.

VEBER, J. et al. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos etanólicos de jambolão (*Syzygiumcumni* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.2, p.267-273, 2015.

VIGANÓ, J. et al. Pressurized liquids extraction as an alternative process to readily obtain bioactive compounds from passion fruit rinds. **Food and bioproducts processing**, v. 100, p. 382–390, 2016.

ZAGOA, E. et al. Influence of rapeseed meal treatments on its total phenolic content and composition in sinapine, sinapic acid and canolol. **Industrial Crops and Products**, v.76, v. 1061–1070, 2016.

ZAKARIA, S. M.; KAMAL, S. M. M. Subcritical Water Extraction of Bioactive Compounds from Plants and Algae: Applications in Pharmaceutical and Food Ingredients. **Food Eng Rev**, v. 8 p. 23–34, 2016.

ZHANG, D. Y. et al. An effective homogenate-assisted negative pressure cavitation extraction for the determination of phenolic compounds in pyrola by LC-MS/MS and the evaluation of its antioxidant activity. **Food & Function**, v. 6, p.3323e3333, 2016.