



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2022; 12:1-23. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.17>
Revisão da Literatura. Recebido: 12/01/2022. Aceito:11/06/2022. Publicado: 01/08/2022. Chave: e2022-3.
<https://www.youtube.com/watch?v=ZuMwdbC1MEE&t=145s>

Fermentação de subprodutos agroindustriais como estratégia para obter aditivos para ração de codornizes

Fermentation of agro-industrial by-products as a strategy to obtain quail feed additives

Vargas-Sánchez Rey*¹ , Torrescano-Urrutia Gastón¹ , Esqueda-Valle Martín² ,
Torres-Martínez Brisa¹ , Sánchez-Escalante Armida¹ 

¹Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.). México. ²Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.). México. *Autor responsable y de correspondencia: Vargas-Sánchez Rey David. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas 46, Col. La Victoria, CP. 83303, Hermosillo, Sonora México. E-mail: rey.vargas@ciad.mx, gtorrescano@ciad.mx, esqueda@ciad.mx, brisa.torres@estudiantes.ciad.mx, armida-sanchez@ciad.mx

RESUMO

A atividade agro-industrial no México gera uma quantidade significativa de subprodutos vegetais (37,5 Mt, produção estimada), que são gerados durante o processamento de frutas. Estes subprodutos agroindustriais são uma importante fonte de nutrientes e compostos bioativos que podem ser reavaliados. Este manuscrito revisa os resultados de diferentes investigações que avaliam o uso de fermentação fúngica em estado sólido (FES) para a recuperação de compostos de subprodutos agroindustriais, com uso potencial como ingredientes em rações de codorniz. A composição química dos subprodutos agroindustriais dependerá da espécie vegetal, da região anatômica (casca, polpa e semente) e das condições de processamento (fresco ou seco). Estes subprodutos possuem componentes bioativos como enzimas, vitaminas, ácidos orgânicos, pigmentos e compostos fenólicos (ácidos fenólicos e flavonóides) como uma alternativa aos métodos convencionais e não convencionais de extração. FES é um novo método para a recuperação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais de culturas como: maçã, trigo, milho, mandioca, arroz, batata, romã, arando, grão-de-bico e laranja. Os compostos bioativos recuperados pela FES são uma alternativa com uso potencial como aditivos alimentares para codornizes.

Palavras-chave: agro-substratos, composição química, métodos de extração, fermentação fúngica, ingrediente alimentar

ABSTRACT

Agro-industrial activity in Mexico generates a significant amount of vegetable by-products (37.5 Mt, estimated production), which are generated during the processing of harvested fruits. These agro-industrial by-products are an essential source of nutrients and bioactive compounds that can be reevaluated. In this manuscript, the findings of different investigations are reviewed, in which the use of solid-state fungal fermentation (FES) for the recovery of compounds from agro-industrial by-products with possible use as ingredients in quail feed is evaluated. Concerning the chemical composition of agro-industrial by-products will depend on the plant species, anatomical region (peel, pulp, and seed), and processing conditions (fresh or dry). These by-products have bioactive components, such as enzymes, vitamins, organic acids, pigments, and phenolic compounds (phenolic acids and flavonoids). As an alternative to conventional and unconventional extraction methods, FES is a novel method for recovering bioactive components from agro-industrial by-products of crops, such as apple, wheat, corn, cassava, rice, potato, pomegranate, blueberry,



chickpea, and orange. The bioactive components recovered by FES are an alternative with potential use as additives for quail feed.

Keywords: agro-substrates, chemical composition, extraction methods, fungal fermentation, bioactive feed ingredient.

INTRODUÇÃO

Em 2019, a produção avícola no México foi de cerca de 3,6 milhões de toneladas métricas e apresentou um consumo interno de 4,5 milhões de toneladas métricas; portanto, é considerada um dos principais produtores avícolas da América Latina. Entretanto, o aumento no consumo de aves levou à importação de aproximadamente 0,9 milhões de toneladas métricas de carne de frango de outros mercados (USDA, 2019). Tal aumento levou a um aumento no consumo de outras pequenas espécies de aves (Mnisi & Mlambo, 2018).

Neste contexto, a codorniz japonesa (*Coturnix japonica*) é uma pequena ave produzida sob um sistema intensivo, principalmente em países europeus e latino-americanos, a fim de obter carne e ovos para consumo (Figura 1). A produção dessas aves é caracterizada por uma taxa de crescimento mais rápida, maturidade sexual precoce e baixa necessidade de espaço (Ghasemi-Sadabadi *et al.*, 2020; Mnisi & Mlambo, 2018).



Figura 1. Sistema de produção de codorniz japonesa (fonte, Vargas-Sánchez Rey).



O sistema intensivo de produção de codornizes requer certos aspectos nutricionais, que são obtidos de culturas agroindustriais como a soja e o milho; no entanto, isto depende de sua disponibilidade e custo no mercado (Mnisi & Mlambo, 2018). Neste contexto, de acordo com o NRC (1994), a dieta das codornizes deve ser equilibrada a um nível de energia específico; além de ter um certo conteúdo de proteínas, aminoácidos (principalmente lisina, metionina, metionina+cisteína, arginina e treonina) e ácidos graxos (ácido linoleico). Também requer minerais (cálcio, fósforo não-fitato, sódio, cobre, ferro, manganês e zinco) e vitaminas (A, D, E, tiamina, riboflavina, piridoxina, B12, ácido fólico, niacina, ácido pantotênico e colina). Entretanto, o uso desses componentes dependerá da idade das aves, da zona climática e se são destinados à produção de carne ou ovos (Mnisi & Mlambo, 2018; NRC, 1994).

Pesquisas anteriores relataram que subprodutos agroindustriais, incluindo polpas, sementes e conchas, são considerados uma importante fonte de componentes nutricionais e bioativos (Dong *et al.*, 2014; Friedman *et al.*, 2017; Gazalli *et al.*, 2013; Kruczek *et al.*, 2017; Rosero *et al.*, 2019; Saleem y Saaed, 2020; Scully *et al.*, 2016). Portanto, esses subprodutos foram incorporados como ingredientes diretamente na ração de codorniz para melhorar o desempenho e a qualidade da carne (Ghazaghi *et al.*, 2014; Mnisi y Mlambo, 2018); entretanto, a biodisponibilidade desses nutrientes e compostos bioativos é limitada e depende da matriz do subproduto agroindustrial utilizado, o que poderia reduzir sua digestibilidade e absorção no intestino das aves (Cullere *et al.*, 2016; Mnisi y Mlambo, 2018). Portanto, para a recuperação desses nutrientes, é essencial estabelecer estratégias utilizando diferentes métodos de recuperação ou extração (Azmir *et al.*, 2013; Rajavat *et al.*, 2020) Portanto, uma nova estratégia para a recuperação desses nutrientes e compostos bioativos é a fermentação fúngica em estado sólido (FES), que é realizada em uma matriz sólida (substrato), na ausência ou quase ausência de água livre; embora o substrato requeira umidade para suportar o crescimento e a atividade metabólica do fungo (Chawla *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019).

Portanto, o objetivo da presente pesquisa é documentar o uso do FES como um método estratégico para recuperar componentes nutricionais e bioativos de subprodutos agroindustriais, e o uso potencial destes como aditivos alimentares para codornizes.

Subprodutos agro-industriais no México

O território mexicano tem uma superfície total de aproximadamente 196,4 milhões de hectares (MH), dos quais 21 milhões são destinados ao uso agrícola (6,5 MH irrigados e 14,5 MH irrigados). Além disso, a diversidade climática e de solos deste país permite o desenvolvimento de uma grande variedade de culturas, algumas destinadas ao comércio direto e outras ao mercado de exportação (SAGARPA, 2015). Dos vários produtos agrícolas cultivados no México, os principais são: milho, feijão, trigo, arroz, sorgo, cana de açúcar, oleaginosas, soja, açafrão, gergelim, café, pimentão, morangos, amendoim, entre outros (Mussatto *et al.*, 2011; SAGARPA, 2015; Valdez-Vazquez *et al.*, 2010).



Entretanto, a atividade agroindustrial gera uma grande quantidade de resíduos, desde plásticos e metais até produtos químicos e vegetais (SAGARPA, 2015). Os resíduos vegetais, também conhecidos como subprodutos agroindustriais, podem ser divididos em duas categorias principais: resíduos primários ou resíduos deixados no campo após a colheita (por exemplo, palha/para) e subprodutos secundários ou resíduos gerados no processamento de cultivos colhidos (por exemplo, espigas, cascas, polpas e bagaço) (Valdez-Vazquez *et al.*, 2010). Embora o volume exato dos subprodutos agroindustriais gerados no México seja desconhecido, foram feitos esforços para estimar sua produção (Figura 2).

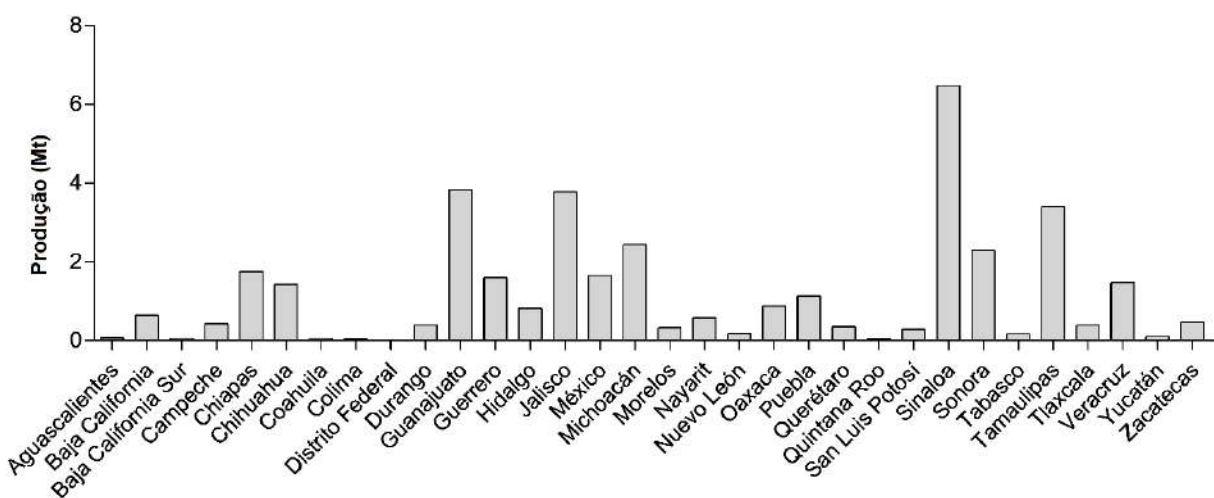


Figura 2. Produção de subprodutos agroindustriais no México, 2008-2011 (SAGARPA, 2015)

No México, as principais regiões produtoras de subprodutos são as seguintes: o noroeste do país inclui os municípios de Ahome, Angostura, Culiacán, Guasave, Navolato, Sinaloa de Leyva (Sinaloa), Cajeme, Etchojoa e Navojoa (Sonora) e Mexicali (Baja California). Além disso, os municípios de Cuauhtémoc (Chihuahua), Matamoros, Reynosa, Río Bravo, San Fernando e Valle Hermoso (Tamaulipas), que também foram considerados áreas com alta produção de subprodutos. Na parte central do país, La Barca e San Martín Hidalgo (Jalisco), e no sul do México, Venustiano Carranza (Estado de Chiapas), Hopelchen (Campeche), Othon P. Blanco (Quintana Roo), Tuxtepec, Acatlán de Pérez Figueroa, San Juan Bautista (Oaxaca), e os municípios de Cosamaloapan de Carpio, Pánuco e Tres Valles (Veracruz), foram considerados áreas estratégicas para a obtenção de subprodutos agroindustriais (Valdez-Vazquez *et al.*, 2010).

Entretanto, existem lacunas legais no país que não permitem o estabelecimento de regulamentos claros para sua redução ou reutilização (SAGARPA, 2015). Apesar do acima exposto, no México o uso de subprodutos agroindustriais é de especial interesse devido à sua disponibilidade, baixo custo e seus componentes (nutrientes e compostos



bioativos), que poderiam ser considerados como uma alternativa para a obtenção de ingredientes com potencial para serem incorporados à alimentação animal (SAGARPA, 2015; Valdez-Vazquez *et al.*, 2010).

Composição química dos subprodutos agro-industriais

A composição química dos subprodutos agroindustriais é variável, e depende da fonte natural (espécie vegetal), da região anatômica (polpa, casca e semente) e das condições de processamento (fresco ou seco). A composição química aproximada de alguns subprodutos agro-industriais é mostrada na tabela 1. Os principais componentes dos subprodutos agroindustriais são proteínas, carboidratos e gorduras (Gazalli *et al.*, 2013; Kruczek *et al.*, 2017; Mussatto *et al.*, 2011); enquanto que em menor proporção são cinzas (Kruczek *et al.*, 2017; Talabi *et al.*, 2016). Por outro lado, o teor de matéria seca é altamente variável e depende das condições de tratamento térmico, já que este parâmetro aumenta no material vegetal durante o tratamento térmico devido à perda de água (Gazalli *et al.*, 2013; Mussatto *et al.*, 2011).

Tabela 1. Composição nutricional de alguns subprodutos agro-industriais

Material	Subproduto	Composição:	Referencia
Maçã	Polpa seca	Composição aproximada: CH (3.9-10.8%), CP (2.9-5.7%), CG (1.2-2.9%), CC (0.5-6.1%), CCH (48.0-62.0%), e CF (4.7-51.1%). Ácidos graxos: C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, e C18:3 Minerais: P, K, Ca, Na, Mg, Cu, Zn, Mn, e Fe Açúcares: Glc, Fru, Xil, Man, Gal, Ara, e Ram	Kruczek <i>et al.</i> (2017)
	Polpa seca	Aminoácidos: Ser, His, Ala, Gly, Tyr, e Cys Açúcares: arabinose, glicose, frutose e sacarose	Dadwal <i>et al.</i> (2018)
	Semente seca	Aminoácidos: His, Gly, Tyr, e Cys Açúcares: Ara, Glu, Fru, e Sac	Dadwal <i>et al.</i> (2018)
	Polpa seca	Composição aproximada: CP (5.1%), CG (3.1%), CC (5.1%), e CF (24.7%)	Gazalli <i>et al.</i> (2013)
Abacate	Semente seca	Composição aproximada: CH (26.3%), CP (6.3%), CG (16.8%), CC (5.2%), CCH (67.7%), e CF (4.0%) Minerais: Ca, Na, K, e P Vitaminas: A, C, e E	Talabi <i>et al.</i> (2016)
	Polpa fresca	Composição aproximada: CH (72.3%), CP (2.0%), CG (15.4%), CC (1.7%), CCH (8.6%), e CF (6.8%) Ácidos graxos: C16:1, C18:1, e C18:3 Minerais: Ca, Fe, Mg, P, K, Na, Zn, Cu, Mn, e Se Vitaminas: A, C, K1, B2, B3, B5, B6, e B12	Dreher & Davenport (2013)
	Casca, polpa e semente fresca	Composição aproximada: CH (76.0, 77.4 e 55.8%, respectivamente), CP (1.8, 1.8 e 2.2%), CG (1.0, 15.8 e 1.4%), e CC (0.9, 1.0 e 0.7%)	Rodríguez-Carpena <i>et al.</i> (2011)
Cenoura	Polpa seca	Composição aproximada: CP (6.2%), CG (2.4%), CC (4.0%), e CF (20.1%)	Gazalli <i>et al.</i> (2013)
Café	Bagazo de café seco	Minerais: K, P, Mg, Ca, Mn, Cu, Na, Fe, e Zn Açúcares: Man, Gal, e Glc	Scully <i>et al.</i> (2016)
	Polpa seca	Aminoácidos: Ala, Arg, Asp, Cys, Glu, Gly, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Pro, Ser, Thr, Tyr, e Val	Campos-Vega <i>et al.</i> (2015)
	Bagazo de café seco	Ácidos graxos: C12:0, C14:0, C18:0, C16:1, C18:1, C18:2, e C18:3	Campos-Vega <i>et al.</i> (2015)
	Casca de café seca	Composição aproximada: CP (18.6%), CG (2.2%), CC (7.0%), e CF (62.4%)	Mussatto <i>et al.</i> (2011)



		Açúcares: Xil, Ara, Gal, e Man	
	Bagaço de café	Composição aproximada: CP (13.6%) e CC (1.6%) Açúcares: Ara, Gal, e Man	Mussatto <i>et al.</i> (2011)
Uva	Conhaque de uva	Composição aproximada: CP (6.5-12.3%), CG (1.1-6.3%), CC (3.3-7.2%), CCH (1.4-77.5%), e CF (28.0-56.3%) Açúcares: Xil, Gal, Ara, e Man	Deng <i>et al.</i> (2011)
	Polpa e caule fresco	Composição aproximada: CH (53.9 e 61.5%, respectivamente), CP (3.8 e 2.2%), CG (0.5 e 0.9%), CC (2.1 e 4.3%), CCH (2.4 e 2.9%), e CF (37.4 e 28.8%) Açúcares: Ram, Fuc, Ara, Xil, Man, Gal, e Glc	González-Centeno <i>et al.</i> (2010)
Limão	Casca seca	Minerais: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, e Zn	Saleem & Saeed (2020)
	Casca	Vitaminas: vitamina C	M'hiri <i>et al.</i> (2017)
Tangerina	Casca	Vitaminas: vitamina C	M'hiri <i>et al.</i> (2017)
Laranja	Casca seca	Minerais: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, e Zn	Saleem & Saeed (2020)
	Casca e semente seca	Composição aproximada: CH (9.7 e 8.3%, respectivamente), CP (11.0 e 6.8%), CG (6.3 e 0.8%), CC (4.9 e 3.0%), CCH (54.2 e 67.8%), e CF (14.0 e 3.0%)	Egbuonu & Osuji (2016)
	Casca fresca	Composição aproximada: CH (76.1%), CP (8.1%), CG (0.8%), CC (3.2%), e CCH (46.2%) Vitaminas: vitamina C	M'hiri <i>et al.</i> (2015)
Batata	Casca fresca	Composição aproximada: CH (82.3-83.5%) e CP (1.57-1.8%) Aminoácidos: Ser, Asn, Thr, Glu, Ala, Val, Met, Ile, Lys, His, e Arg Açúcares: Fru, Glc, e Sac	Choi <i>et al.</i> (2016)
	Casca seca	Composição aproximada: CP (13.7%), CG (0.7%), CC (8.1%), CCH (73.4%), e CF (4.2%)	Kleekayai & Suntornsuk (2011)
Arroz	Casca seca	Composição aproximada: CP (13.2%), CG (18.2%), CC (12.0%), CCH (52.1%), e CF (4.5%)	Schmidt & Furlong (2012)

Teor de umidade (CH), proteína (CP), gordura (CG), cinza (CC), carboidrato (CCH), fibra (CF). Ácidos gordos: laurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1), oléico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). Aminoácidos: alanina (Ala), arginina (Arg), ácido aspártico (Asp), cisteína (Cys), ácido glutâmico (Glu), glicina (Gly), histidina (His), isoleucina (Ile), leucina (Leu), lisina (Lys), metionina (Met), fenilalanina (Phe), prolina (Pro), serina (Ser), treonina (Thr), tirosina (Tyr), e valina (Val). Minerais: cádmio (Cd), cromo (Cr), selênio (Se), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe). Açúcar: glicose (Glc), frutose (Fru), fucose (Fuc), xilose (Xil), manose (Man), galactose (Gal), arabinose (Ara), ramnose (Ram), e sacarose (Sac).

Além disso, os subprodutos agroindustriais são considerados uma importante fonte de proteína devido a seu perfil de aminoácidos essenciais, incluindo Cys, Phe, Ile, Leu, Lys, Met, Tyr, Thr, e Val. Além disso, são uma importante fonte de aminoácidos não essenciais como Ala, Arg, Asp, Gly, Glu, His, Pro e Ser (Dadwal *et al.*, 2018; Campos-Vega *et al.*, 2015; Choi *et al.*, 2016). Além disso, como parte da composição dos subprodutos agroindustriais, diferentes minerais como Ca, Cu, Fe, Mg, P, K, Na e Zn foram identificados (Dreher & Devenport, 2013; Saleem & Saeed, 2020; Scully *et al.*, 2016). Outro composto importante é o perfil de ácidos graxos, com a presença de ácidos oleico, linoleico, palmítico e esteárico, entre outros, tendo sido demonstrado (Campos-Vega *et al.*, 2015; Dreher & Davenport, 2013). Com relação ao perfil dos carboidratos dos



subprodutos, alguns estudos indicam a presença de Ara, Gal, Glc, Fru, Man, Ram e Xil (Choi *et al.*, 2016; González-Centeno *et al.*, 2010; Kruczek *et al.*, 2017).

Os subprodutos agroindustriais também contêm diversas vitaminas primárias, incluindo vitamina A, vitamina C, vitamina K1, tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, vitamina B6, folato, colina, betaína e vitamina B12 (Dreher & Davenport, 2013; M'hiri *et al.*, 2017; Talabi *et al.*, 2016). Entretanto, alguns estudos relataram a presença de certos compostos antinutricionais, alguns polímeros como a pectina e outras substâncias orgânicas como os taninos (Deng *et al.*, 2011; Talabi *et al.*, 2016). Nas sementes secas de abacate, a presença de anti-nutrientes como alcalóides, taninos, ácido fítico, saponinas e oxalato foi relatada (Talabi *et al.*, 2016); enquanto na casca seca da batata, a presença de alcalóides, incluindo α -chaconina e α -solanina, foi identificada (Friedman *et al.*, 2017).

Além disso, há evidências recentes de alguns ácidos orgânicos (níttrico e cítrico, entre outros) encontrados em subprodutos agroindustriais; assim como pigmentos (carotenos) e compostos fenólicos (Figura 3), incluindo ácidos fenólicos e flavonóides (Dreher & Davenport, 2013; M'hiri *et al.*, 2017; Rosero *et al.*, 2019; Scully *et al.*, 2016). Deste último grupo de compostos, foram identificados ácidos gálico, cafeico e protocatecúico em semente de maçã seca e polpa (Dadwal *et al.*, 2018); além disso, foram encontrados ácidos cinâmicos e clorogênicos em polpa de maçã seca (Dadwal *et al.*, 2018; García *et al.*, 2009). Por outro lado, a presença de ácidos cafeico, p-cumárico, ferúlico, sinápico, xarínico e vanílico, assim como os flavonóides (+)-catecina, quercetina, apigenina e kaempferol tem sido relatada em sementes de abacate e casca de abacate fresco (Rosero *et al.*, 2019). Enquanto em casca de cenoura seca, casca de batata seca e fresca, assim como em bagaço de café, alguns estudos relatam a presença de ácido clorogênico (Friedman *et al.*, 2017; Panusa *et al.*, 2013; Zhang y Hamazu, 2004). Outros subprodutos que foram analisados são as cascas de toranja, limão e tangerina, nas quais os ácidos cafeico, p-cumárico, ferúlico e sinápico estão presentes, assim como os flavonóides hesperidina e naringenin (M'hiri *et al.*, 2017). Estes flavonóides também foram encontrados em tangerina seca e sementes de laranja (Moulehi *et al.*, 2012).

Outra fonte importante de ácidos cafeico e gálico é a espiga de milho e as folhas que a cobrem (Dong *et al.*, 2014); no entanto, ainda não se sabe o valor nutricional e os compostos bioativos de alguns subprodutos agroindustriais, que poderiam ser obtidos ou recuperados para o desenvolvimento de medicamentos e como ingredientes para rações, bem como aditivos para rações de aves.



Extração composta de subprodutos agro-industriais

Os processos de separação, esterilização e redução de partículas (folha/escala ou refeição), são considerados os primeiros passos no tratamento de subprodutos agroindustriais, e são utilizados para separar impurezas, remover microorganismos que podem alterar a composição, bem como aumentar a recuperação de compostos (Azmir *et al.*, 2013; Trakulvichean *et al.*, 2017). Entretanto, é necessário utilizar um método de extração adequado para recuperar qualquer componente (Friedman *et al.*, 2017; Kruczek *et al.*, 2017; Mussatto *et al.*, 2011; Saleem & Saeed, 2020).

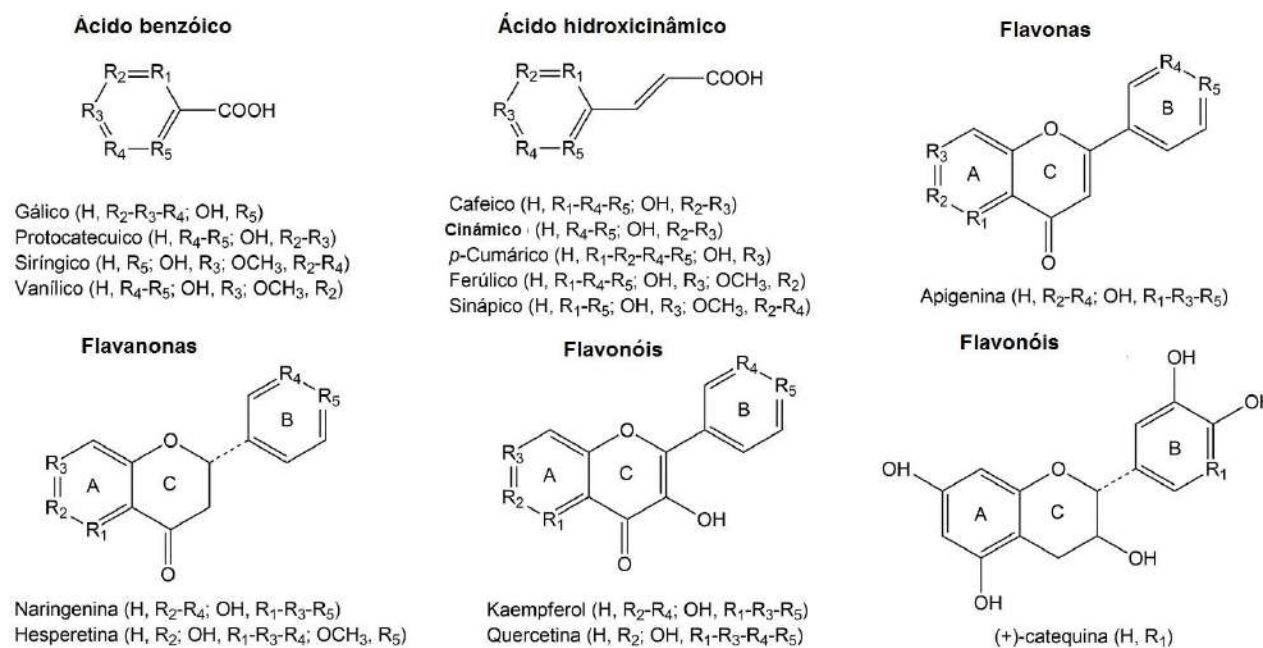


Figura 3. compostos fenólicos presentes em alguns sub-produtos agroindustriais

Por exemplo, Zhang & Hamauzu (2004), utilizou a casca de cenoura para obter compostos bioativos. A casca foi submetida a um processo de redução de tamanho, e os compostos foram recuperados com acetona por 60 minutos (maceração). Posteriormente, foi utilizado um processo de separação (centrifugação) para separar o sólido do solvente; enquanto os compostos eram concentrados por evaporação do solvente sob vácuo a 35 °C. Em outro trabalho, García *et al.* (2009) utilizaram a polpa de maçã para obter compostos bioativos, que anteriormente era submetida a um processo de redução granulométrica (moagem e prensagem), e submetida a um processo de extração de compostos, utilizando uma mistura de acetona e água (7:3) como solvente de extração, e extração assistida por ultra-som como método de recuperação. Os sólidos foram então separados por centrifugação (17.000xg/10 °C/10 min) e o solvente foi evaporado por vácuo a 30 °C, para a recuperação do extrato seco. Já Moulehi *et al.*



(2012) coletaram sementes cítricas, que foram submetidas a um processo de desinfecção, secagem e redução do tamanho das partículas. Posteriormente, os compostos bioativos foram recuperados, usando etanol como solvente de extração por 30 min (maceração). O solvente foi filtrado e evaporado sob vácuo para obter o extrato seco. Além disso, [Friedman et al. \(2017\)](#) coletaram diferentes espécies de batatas, que foram submetidas a um processo de desinfecção; assim como separação, secagem (liofilização) e pulverização da casca. Os compostos de farinha de casca de batata obtidos foram recuperados com uma mistura de metanol e água (8:2), utilizando ultra-som como método de extração (60 min a 60 °C). A amostra foi então centrifugada (18.000xg/1 °C/10 min) e filtrada (0,45 µm), para separar o resíduo sólido, para obter o extrato líquido.

Neste contexto, métodos convencionais (extração por maceração, Soxhlet e hidrodistilação) e métodos não convencionais (extração auxiliada por enzimas, microondas, líquido pressurizado, fluidos supercríticos e ultra-som) são comumente usados para extrair compostos bioativos. Entretanto, esses métodos precisam ser combinados com outros fatores, tais como a polaridade do solvente utilizado durante a extração, misturas de solventes, relação solvente-sólido, pH do solvente, tamanho da partícula sólida, temperatura, tempo e vácuo, bem como condições de fermentação ([Azmir et al., 2013](#); [Chawla et al., 2017](#); [Morales et al., 2018](#)). Além disso, o uso de métodos biotecnológicos como a fermentação fúngica em meios líquidos e sólidos é considerado como um método alternativo para a recuperação de compostos bioativos de subprodutos agro-industriais ([Vargas-Sánchez et al., 2021](#)).

Fermentação em estado sólido

A fermentação em estado sólido (FES) é amplamente utilizada para o crescimento ou cultivo de fungos sobre um material sólido ou substrato com baixo teor de umidade ([Chawla et al., 2017](#); [Wang et al., 2019](#)). A FES é considerada uma tecnologia limpa para a produção ou recuperação de compostos bioativos de fontes naturais e seus resíduos; entretanto, a eficiência deste processo depende da espécie fúngica, bem como das condições ambientais e do substrato utilizado ([Chawla et al., 2017](#); [Pleissner et al., 2015](#); [Rajavat et al., 2020](#)). Em termos de condições ambientais, o efeito do pH e da composição dos ingredientes do meio, temperatura e tempo de incubação, entre outros, foi demonstrado ([Pleissner et al., 2015](#); [Xu et al., 2019](#)). Por exemplo, um estudo anterior indicou que os componentes do meio de cultura (frutose, glicerol, peptona, minerais e vitaminas), temperatura (22-32 °C) e tempo (1-11 dias) eram fatores-chave para a produção de polissacarídeos de arroz fermentados em estado sólido (agrossubstrato) com *Cordyceps militaris* ([Xu et al., 2019](#)).

Com relação ao substrato, algumas pesquisas indicam que o crescimento fúngico e a recuperação de compostos bioativos estão altamente correlacionados com a composição do material (conteúdo de água), características físicas do material (porosidade da matriz,



tamanho dos poros, diâmetro das partículas) e tipo de material (Egbuonu & Osuji, 2016; Shankar & Mulimani, 2007; Saber *et al.*, 2010; Torrado *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2019). Em outras pesquisas, os subprodutos agroindustriais têm sido utilizados como substratos agrossubstratos para a produção de cogumelos; por exemplo, subprodutos vegetais de grama vermelha, planta de grão de bico, farinha de grão de bico vermelho, casca de grão de bico vermelho, farelo de trigo, farelo de arroz, abacaxi, maçã e resíduos de laranja; assim como bolo de amendoim, bagaço de cana-de-açúcar, casca de alfarroba, espiga de milho e farelo de trigo (Shankar & Mulimani, 2007; Torrado *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2019).

Aditivos para ração de codornizes obtidos pela FES

Portanto, foi demonstrado que o FES poderia ser usado para obter ou recuperar ingredientes que podem ser usados em rações de codorniz (tabela 2), incluindo proteínas e aminoácidos, ácidos graxos, compostos antioxidantes e antimicrobianos, enzimas, vitaminas e minerais; de subprodutos agroindustriais, tais como agrossubstratos.

Estes componentes desempenham um papel importante e específico no desempenho das codornizes (ingestão de ração, ganho de peso corporal e taxa de conversão alimentar), rendimento de carcaça e carne, bem como na qualidade da carne. Portanto, a suplementação proteica dietética tem sido utilizada como estratégia para aumentar o peso corporal e manter a cor vermelha característica da carne de codorniz ((Cullere *et al.*, 2016; Mosaad & Iben, 2009); assim como para diminuir a perda de peso e a dureza do peito na cocção (Cullere *et al.*, 2016). Além disso, foi demonstrado o efeito positivo da suplementação alimentar com aminoácidos no consumo de ração, ganho de peso e taxa de conversão alimentar de codornizes sujeitas a estresse térmico (Baylan *et al.*, 2006; Del Vesco *et al.*, 2014).

Também foi determinado o efeito do tamanho das partículas (0,18-0,39 mm) e da concentração de sulfato de amônio na produção de biomassa e proteínas em solução nutritiva de farelo de arroz fermentado em estado sólido com *Rhizopus oryzae*. Os resultados mostraram que uma redução no tamanho das partículas e um aumento no nível de sulfato de amônio aumentaram o ganho de proteína. Além disso, os autores concluíram que o processo de fermentação aumenta o valor dos componentes recuperados para uso potencial em formulações de rações (Schmidt & Furlong, 2012). Em outra investigação, foram utilizadas folhas de mandioca e refeições de babaçu (*Orbignya sp.*) mesocarpo fermentado em estado sólido com *Rhizopus oligosporus* e estes resíduos foram submetidos à avaliação do conteúdo protéico. Os resultados mostraram um aumento no conteúdo de proteína e na digestibilidade das folhas de mandioca após o processo de fermentação, e concluíram que o FES de subprodutos agroindustriais pode ser usado para produzir alimentos mais nutritivos através da transformação de alimentos energéticos em alimentos estruturais com mais proteína (Morales *et al.*, 2018).



Tabela 2. Potenciais aditivos alimentares produzidos por fermentação fúngica em estado sólido utilizando subprodutos agro-industriais como agrossubstratos

Aditivos	Agrossubstrato/Fungo	Resultados relevantes	Referência
Proteína/aminoácidos	Substrato: palha de trigo Fungo: <i>Aspergillus</i> spp. e <i>Trichoderma</i> spp.	(↑) conteúdo proteico	Rajavat <i>et al.</i> (2020)
	Substrato: espiga de milho Fungo: <i>Phellinus igniarius</i>	(↑) conteúdo proteico	Wang <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: grãos gastos-indústria cervejeira Fungo: <i>Rhizopus</i> spp.	(↑) conteúdo de proteínas e aminoácidos (↑) conteúdo proteico solúvel (↑) Seu conteúdo, Ile, Leu, Lys, Met, Cys, Cys, Phe, Tyr, Thr, Val, Arg, Asp, Ser, Glu, Gly, Ala, e Pro	Ibarru <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: folhas de mandioca Fungo: <i>Rhizopus oligosporus</i>	(↑) conteúdo de proteínas e aminoácidos	Morales <i>et al.</i> (2018)
	Substrato: farelo de arroz Fungo: <i>Rhizopus oryzae</i>	(↑) conteúdo proteico	Schmidt & Furlong (2012)
	Substrato: semente de manga Fungo: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Rhizopus oligosporus</i> , e <i>Rhizopus stolonifer</i>	(↑) Conteúdo de Thr, Glu, y Pro content (<i>A. niger</i>) (↑) Conteúdo de Lys, His, Thr, Glu, Pro, Cys, Ile, Leu, e Tyr (<i>P. chrysogenum</i>) (↑) Conteúdo de His, Thr, Cys, Ile, y Tyr (<i>R. oligosporus</i>) (↑) Conteúdo de Lys, His, Arg, Asp, Thr, Ser, Pro, Gly, Cys, Ile, Leu, e Tyr (<i>R. stolonifer</i>)	Kayode & Sani (2010)
	Ácidos graxos	Substrato: grãos gastos-indústria cervejeira Fungo: <i>Rhizopus</i> spp.	(↑) Conteúdo de ácidos graxos saturados, mono e polinsaturados (↑) conteúdo de 16:0, 18:0, 18:1n9, 20:0, 20:1n9, 22:0, e 24:0
Substrato: resíduos de padaria Fungo: <i>Aspergillus oryzae</i>		(↑) Conteúdo em ácidos graxos: ácidos mirístico, palmítico, palmítico, esteárico, oleico, araquidônico, linoleico, e linolênico	Pleissner <i>et al.</i> (2015)
Antioxidantes antibacterianos e	Substrato: arroz Fungo: <i>Cordyceps militaris</i>	(↑) Conteúdo de polisacáridos (↑) Inibição radical da DPPH	Xu <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: cascas de batata Fungo: <i>Morchella</i> spp.	(↑) Polissacáridos - conteúdo de quitina	Papadaki <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: espiga de milho Fungo: <i>Phellinus igniarius</i>	(↑) Conteúdo flavonóide	Wang <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: grãos gastos-indústria cervejeira Fungo: <i>Rhizopus</i> spp.	(↑) conteúdo de fenol (↑) Inibição radical da DPPH	Ibarru <i>et al.</i> (2019)
	Substrato: conhaque de uva Fungo: <i>Aspergillus niger</i>	(↑) conteúdo de fenol, antocianidina e proantocianadina (↑) Inibição radical ABTS	Teles <i>et al.</i> (2018)
	Substrato: Farelo de arroz Fungo: <i>Rhizopus oryzae</i>	(↑) ácidos fenólicos: gálico, protocatecuico, clorogénico, p-hidroxibenzóico, cafeico, xarínico, vanílico, p-cumárico e ferúlico. (↑) Inibição do radical DPPH, peroxidase e enzimas de polifenoloxidase.	Schmidt <i>et al.</i> (2014)
Substrato: casca de romã Fungo: <i>Aspergillus niger</i>	(↑) conteúdo de fenol, inibição radical DPPH e protecção contra a oxidação de β -caroteno.	Bind <i>et al.</i> (2014)	



		(↓) contagem total de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , e <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
	Substrato: farelo de arroz Fungo: <i>Rhizopus oryzae</i>	(↑) conteúdo de fenol	Schmidt & Furlong (2012)
	Substrato: casca de batata Fungo: <i>Rhizopus oryzae</i>	(↑) polissacarídeos - conteúdo de quitosano	Kleekayai & Suntornsuk (2011)
	Substrato: polpa de arando Fungo: <i>Lentinus edodes</i>	(↑) conteúdo de fenol (↓) contagem total de <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , e <i>Escherichia coli</i>	Vattem et al. (2004)
Enzimas	Substrato: palha de trigo Fungo: <i>Aspergillus</i> spp. e <i>Trichoderma</i> spp.	(↑) conteúdo de endoglucanase, exoglucanase, xilanase, e celobiase	Rajavat et al. (2020)
	Substrato: casca de pistácio Fungo: <i>Lentinus tigrinus</i>	(↑) conteúdo da lacases	Sadeghian-Abadi et al. (2019)
	Substrato: suco de cebola Fungo: <i>Pleurotus sajor-caju</i>	(↑) conteúdo da pectinase	Pereira et al. (2017)
	Substrato: resíduo de batata Fungo: <i>Aspergillus ficuum</i>	(↑) conteúdo da fitase	Tian & Yuan (2016)
	Substrato: esíduo de processamento de vinagre Fungo: <i>Aspergillus ficuum</i>	(↑) conteúdo da fitase	Wang et al. (2011)
	Substrato: farelo de arroz, trigo e grama preta, óleo de coco e resíduo de óleo de amendoim Fungo: <i>Aspergillus niger</i>	(↑) α -amilase conteúdo	Suganthi et al. (2011)
	Substrato: farelo de trigo, laranja e cana-de-açúcar Fungo: <i>Thermomucor indicaeseudaticae</i>	(↑) conteúdo da pectinase	Martin et al. (2010)
	Substrato: resíduos de sementes de arroz Fungo: <i>Aspergillus niger</i>	(↑) β -glucanase e conteúdo de xilanase	Wang & Feng (2009)
	Substrato: grão de bico, farelo de trigo e de arroz, abacaxi, maçã, laranja, amendoim, cana-de-açúcar e resíduos de alfarroba Fungo: <i>Aspergillus oryzae</i>	(↑) conteúdo de α -galactosidase	Shankar & Mulimani (2007)
	Substrato: Resíduos de óleo de babaçu Fungo: <i>Penicillium restrictum</i>	(↑) conteúdo de lipase, protease e amilase	Palma et al. (2000)
Acidificantes	Substrato: casca de laranja Fungo: <i>Aspergillus niger</i>	(↑) conteúdo de ácido cítrico	Torrado et al. (2011)
	Substrato: caules de palha de arroz Fungo: <i>Alternaria</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., e <i>Stachybotrys</i> spp.	(↑) conteúdo de ácido acético, cítrico, fórmico, fórmico, málico, succínico, e oxálico	Saber et al. (2010)
	Substrato: polpa de cana de açúcar Fungo: <i>Rhizopus oryzae</i>	(↑) conteúdo de ácido láctico	Soccol et al. (1994)
Vitaminas	Substrato: caules de palha de arroz Fungo: <i>Alternaria</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., e <i>Stachybotrys</i> spp.	(↑) conteúdo de vitamina C	Saber et al. (2010)
	Substrato: pasta de soja Fungo: <i>Lentinus edodes</i>	(↑) conteúdo de vitamina D	Choi et al. (2005)
Minerais	Substrato: feijão de corda Fungo: <i>Aspergillus oryzae</i>	(↑) conteúdo de ferro e zinco	Chawla et al. (2017)

(↑), aumentar o controle; (↓), diminuir o controle



Além disso, a suplementação alimentar com ácidos graxos de cadeia média mostrou aumentar a resposta imunológica e reduzir o colesterol total e triglicérides em aves, bem como o conteúdo de gordura abdominal de seios de codorniz (Saeidi *et al.*, 2016). Consequentemente, estas condições de alimentação podem melhorar a estabilidade oxidativa da carne de codorniz e aumentar a qualidade da carne durante o armazenamento (Ghazaghi *et al.*, 2014).

Fontes naturais de compostos antioxidantes e antimicrobianos têm sido utilizadas para aumentar a ingestão de ração, ganho de peso, produção de carcaça de codorna, diminuir as populações microbianas nocivas no intestino e reduzir a oxidação lipídica no peito e na carne da codorna (Ghazaghi *et al.*, 2014; Ghasemi-Sadabadi *et al.*, 2020). Neste contexto, Bind *et al.* (2014), em um trabalho anterior, avaliaram os compostos antioxidantes e antimicrobianos fenólicos das cascas de romã fermentadas em estado sólido com *Aspergillus niger*. Os resultados mostraram um aumento dos compostos fenólicos, atividade antioxidante contra os radicais livres de DPPH e propriedades antibacterianas contra *Klebsiella pneumoniae*. Eles também concluíram que o FES de subprodutos agroindustriais é uma estratégia potencial para obter compostos antioxidantes e antibacterianos (Bind *et al.*, 2014).

Além disso, enzimas (fitase, α -galactosidase, β -glucosidase, β -glucanase, endo e exocelulase, lipase, proteases e xilanase) têm sido usadas como aditivos alimentares para aves, que se caracterizam por diferentes funções. Por exemplo, a fitase decompõe o ácido fítico não digerível (fitato) e libera fósforo, cálcio e outros nutrientes digeríveis (Shehab *et al.*, 2012); enquanto a α -galactosidase libera polissacarídeos de fontes botânicas melhorando sua digestão e absorção (Munir & Maqsood, 2013). Além disso, β -glucosidase, β -glucanase e enzimas endo e exocelulase degradam a estrutura da parede celular de fontes botânicas e melhoram a digestão e absorção de nutrientes (Kilany & Mahmoud, 2014; Munir & Maqsood, 2013). Também estas enzimas reduzem a viscosidade do trato intestinal, removem o fator antinutricional, aumentam a imunidade e melhoram o desempenho das codornizes (Chawla *et al.*, 2017; Kilany & Mahmoud, 2014). Outras enzimas como a xilanase são caracterizadas pela decomposição do xilan de material botânico, e o produto de decomposição xilan-oligosacarídeo formado pode melhorar a flora e a resposta imunológica de microorganismos benéficos do intestino (Munir & Maqsood, 2013). Enquanto lipases e proteases são comumente usadas para estimular a excreção de enzimas digestivas endógenas, melhorando a eficiência energética, o sabor, a digestão e a absorção de lipídios e proteínas, respectivamente (Munir & Maqsood, 2013; Mnisi & Mlambo, 2018). Em um trabalho anterior, a produção de fitase a partir de resíduos de batata foi avaliada usando FES com *Aspergillum ficuum*. Os resultados deste trabalho mostraram um aumento na produção de fitase após o processo de fermentação; indicando que o pH, o nível de inóculo e o teor de umidade não afetaram a produção de fitase. Portanto, eles concluíram que a FES pode ser



utilizada para utilizar resíduos alimentares e produzir produtos de valor agregado (Tian & Yuan, 2016).

Na produção avícola, a alimentação inadequada das aves é um dos problemas mais comuns que levam a deficiências de vitaminas e minerais, o que aumenta os problemas de saúde e a mortalidade. Portanto, a suplementação dietética de vitaminas e minerais em dietas de codornizes é uma prática comum e rotineira (Imik *et al.*, 2010; Sahin *et al.*, 2005). Neste sentido, a suplementação dietética com vitamina E e C diminuiu a oxidação lipídica, a contagem total de aeróbicos e coliformes na carne do peito de codorna e melhorou a cor vermelha das amostras (Imik *et al.*, 2010). A suplementação dietética com minerais melhora o desempenho e o status antioxidante das codornizes afetadas pelo calor (Sahin *et al.*, 2005). Além disso, a suplementação dietética com ácidos orgânicos tem sido considerada como uma estratégia para evitar o uso de antibióticos e aumentar a ingestão de ração e o ganho de peso da codorna (Khan *et al.*, 2016). Portanto, um estudo anterior investigou a produção de vitamina D em pasta de soja pela FES com *Lentinus edodes* e *Pleurotus eryngii*. O conteúdo de vitamina D2 foi aumentado pelo processo de fermentação; além disso, a FES aumentou a fortificação nutricional dos materiais vegetais (Choi *et al.*, 2005).

Outro estudo determinou o efeito do FES com *A. oryzae* no conteúdo mineral da farinha de semente *Vigna unguiculata*, revelando um aumento nos componentes minerais (ferro e zinco) após o processo de fermentação. Os autores concluíram que a FES melhorou a biodisponibilidade mineral (Chawla *et al.*, 2017).

CONCLUSÃO

A fermentação fúngica em estado sólido utilizando subprodutos agroindustriais como agrossubstratos pode ser uma estratégia promissora para obter aditivos para ração de codorniz, incluindo proteínas e aminoácidos, ácidos graxos, compostos antioxidantes e antibacterianos, enzimas, acidificantes, vitaminas e minerais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao programa Pesquisadores para o México do CONACYT (Projeto #739).

LITERATURA CITADA

AZMIR J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MHA, Omar AKM. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering*. 117(4):426-436. ISSN: 0260-8774. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>



BAYLAN M, Canogullari S, Ayasan T, Sahin A. 2006. Dietary threonine supplementation for improving growth performance and edible carcass parts in Japanese quails, *Coturnix coturnix japonica*. *International Journal of Poultry Science*. 5(7):635-638. ISSN: 1994-7992. <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.635.638>

BIND A, Singh SK, Prakash V, Kumar M. 2014. Evaluation of antioxidants through solid state fermentation from pomegranate peels using *Aspergillus niger* and it's antibacterial properties. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 4(1):104-112. ISSN: 2230-7605. https://www.ijpbs.com/ijpbsadmin/upload/ijpbs_531c25c89a0c5.pdf

CAMPOS-VEGA R, Loarca-Piña G, Vergara-Castañeda HA, Oomah BD. 2015. Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*. 45(1):24-36. ISSN: 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>

CHAWLA P, Bhandari L, Sadh PK, Kaushik R. 2017. Impact of solid- state fermentation (*Aspergillus oryzae*) on functional properties and mineral bioavailability of black- eyed pea (*Vigna unguiculata*) seed flour. *Cereal Chemistry*. 94(3):437-442. ISSN: 1943-3638. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-16-0128-R>

CHOI HS, Kim MK, Kim MK, Park HS, Song GS, Lee KK, Kim JG. 2005. An approach to increase vitamin D₂ level in doenjang (fermented soybean paste) using mushrooms. *Food Science and Biotechnology*. 14(6):828-831. ISSN: 2092-6456. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200509905837867.pdf>

CHOI SH, Kozukue N, Kim HJ, Friedman M. 2016. Analysis of protein amino acids, non-protein amino acids and metabolites, dietary protein, glucose, fructose, sucrose, phenolic, and flavonoid content and antioxidative properties of potato tubers, peels, and cortexes (pulp). *Journal of Food Composition and Analysis*. 50:77-87. ISSN: 0889-1575. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.011>

CULLERE M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, Dalle Zotte A. 2016. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*. 10(12):1923-1930. ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001270>

DADWAL V, Agrawal H, Sonkhla K, Joshi R, Gupta M. 2018. Characterization of phenolics, amino acids, fatty acids and antioxidant activity in pulp and seeds of high altitude Himalayan crab apple fruits (*Malus baccata*). *Journal of Food Science and Technology*. 55:2160-2169. ISSN:0975-8402. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3133-y>



DEL VESCO AP, Gasparino E, Grieser DO, Zancanela V, Gasparin FRS, Constantin J, Neto AR. O. 2014. Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress-exposed quails. *Journal of Animal Science*. 92(2):806-815. ISSN: 1525-3163.
<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6829>

DENG Q, Penner MH, Zhao Y. 2011. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins. *Food Research International*. 44(9):2712-2720. ISSN: 0963-9969.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.026>

DONG J, Cai L, Zhu X, Huang X, Yin T, Fang H, Ding Z. 2014. Antioxidant activities and phenolic compounds of cornhusk, corncob and *Stigma maydis*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 25(11):1956-1964. ISSN: 0103-5053. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20140177>

DREHER ML, Davenport AJ. 2013. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 53(7):738-750. ISSN: 1549-7852.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>

EGBUONU ACC, Osuji CA. 2016. Proximate compositions and antibacterial activity of *Citrus sinensis* (sweet orange) peel and seed extracts. *European Journal of Medicinal Plants*. 12(3):1-7. ISSN: 2231-0894. <https://doi.org/10.9734/EJMP/2016/24122>

FRIEDMAN M, Kozukue N, Kim HJ, Choi SH, Mizuno M. 2017. Glycoalkaloid, phenolic, and flavonoid content and antioxidative activities of conventional nonorganic and organic potato peel powders from commercial gold, red, and Russet potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 62:69-75. ISSN: 0889-1575.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.019>

GAZALLI H, Malik AH, Jalal H, Afshan S, Mir A. 2013. Proximate composition of carrot powder and apple pomace powder. *International Journal of Food Nutrition and Safety*. 3(1):25-28. ISSN: 2165-896X.
<http://www.modernscientificpress.com/Journals/ViewArticle.aspx?6ZIT7oAL6Lqarm6Ljqm1AFd38l/toHXS9J0w9g5EID7eA3M11wtoOlhT0ONvOOkG#:~:text=The%20proximate%20compositions%20of%20carrot,%25%20and%20crude%20fibre%2024.66%25>

GARCÍA YD, Valles BS, Lobo AP. 2009. Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: apple pomace. *Food Chemistry*. 117(4):731-738. ISSN: 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.049>



GHASEMI-SADABADI M, Veldkamp T, van Krimpen M, Ebrahimnezhad Y, Ghalehkandi JG, Salehi A, Didehvar M, Khodaei M, Mehdizadeh A. 2020. Determining tolerance of Japanese quail to different dietary fat peroxidation values by supplementation with rosemary and aloe vera on performance and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*. 114574. ISSN: 0377-8401.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114574>

GHAZAGHI M, Mehri M, Bagherzadeh-Kasmani F. 2014. Effects of dietary *Mentha spicata* on performance, blood metabolites, meat quality and microbial ecosystem of small intestine in growing Japanese quail. *Animal Feed Science and Technology*. 194:89-98. ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.014>

GONZÁLEZ-CENTENO MR, Rosselló C, Simal S, Garau MC, López F, Femenia, A. 2010. Physico-chemical properties of cell wall materials obtained from ten grape varieties and their byproducts: grape pomaces and stems. *LWT-Food Science and Technology*. 43(10):1580-1586. ISSN: 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.024>

HANKAR SK, Mulimani VH. 2007. α -Galactosidase production by *Aspergillus oryzae* in solid-state fermentation. *Bioresource Technology*. 98(4):958-961. ISSN: 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.03.013>

IBARRURI J, Cebrián M, Hernández I. 2019. Solid state fermentation of brewer's spent grain using *Rhizopus* sp. to enhance nutritional value. *Waste and Biomass Valorization*. 10:3687-3700. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00654-5>

IMIK H, Atasever MA, Koc M, Atasever M, Ozturan K. 2010. Effect of dietary supplementation of some antioxidants on growth performance, carcass composition and breast meat characteristics in quails reared under heat stress. *Czech Journal of Animal Science*. 55(5):209-220. ISSN: 1805-9309. <https://doi.org/10.17221/147/2009-CJAS>

KAYODE RMO, Sani A. 2010. Mineral composition and amino acid profile of mono-culture fungal fermented mango (*Mangifera indica*) kernel cake. *Journal of Agricultural Science*. 2(3):69-74. ISSN: 1916-9760.

<https://pdfs.semanticscholar.org/babd/d3a72fc151ae4f0fd897a47b18c9250b4c85.pdf>

KHAN RU, Chand N, Akbar A. 2016. Effect of organic acids on the performance of Japanese quails. *Pakistan Journal of Zoology*. 48(6):1799-1803. ISSN: 0030-9923. [http://zsp.com.pk/pdf48/1799-1803%20\(27\)%20QPJZ-0606-2015%20%2015-8-16%20revised%20version.pdf](http://zsp.com.pk/pdf48/1799-1803%20(27)%20QPJZ-0606-2015%20%2015-8-16%20revised%20version.pdf)



KILANY OE, Mahmoud MM. 2014. Turmeric and exogenous enzyme supplementation improve growth performance and immune status of Japanese quail. *World's Veterinary Journal*. 4(3):20-29. ISSN: 2322-4568. <http://dx.doi.org/10.5455/wvj.20140841>

KLEEKAYAI T, Suntornsuk W. 2011. Production and characterization of chitosan obtained from *Rhizopus oryzae* grown on potato chip processing waste. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 27:1145-1154. ISSN: 1573-0972. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0561-x>

KRUCZEK M, Gumul D, Kačániová M, Ivanišhová E, Mareček J, Gambuś H. 2017. Industrial apple pomace by-products as a potential source of pro-health compounds in functional food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 7(1):22-26. ISSN: 1338-5178. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.1.22-26>

M'HIRI N, Ioannou I, Ghoul M, Boudhrioua NM. 2015. Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. *Journal of New Sciences*. 9:881-890. ISSN: 2286-5314. <https://www.jnsciences.org/agri-biotech/40-volume-special-journees-scientifiques-de-l-inat/190-proximate-chemical-composition-of-orange-peel-and-variation-of-phenols-and-antioxidant-activity-during-convective-air-drying.html>

M'HIRI N, Ioannou I, Ghoul M, Mihoubi Boudhrioua, N. 2017. Phytochemical characteristics of citrus peel and effect of conventional and nonconventional processing on phenolic compounds: A review. *Food Reviews International*. 33(6):587-619. ISSN: 1525-6103. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1196489>

MARTIN N, Guez MAU, Sette LD, Da Silva R, Gomes E. 2010. Pectinase production by a Brazilian thermophilic fungus *Thermomucor indicae-seudaticae* N31 in solid-state and submerged fermentation. *Microbiology*. 79(3):306-313. ISSN: 0026-2617. <https://doi.org/10.1134/S0026261710030057>

MNISI CM, Mlambo V. 2018. Protease treatment of canola meal-containing Japanese quail diets: effect on physiological parameters and meat quality traits. *Journal of Applied Animal Research*. 46(1):1389-1394. ISSN: 0974-1844. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1516670>

MORALES EM, Domingos RN, Angelis DF. 2018. Improvement of protein bioavailability by solid-state fermentation of babassu mesocarp flour and cassava leaves. *Waste and Biomass Valorization*. 9:581-590. ISSN: 1877-265X. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9759-y>



MOSAAD GMM, Iben C. 2009. Effect of dietary energy and protein levels on growth performance, carcass yield and some blood constituents of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Die Bodenkultur*. 60(4):39-46. ISSN: 0006-5471. <https://diebodenkultur.boku.ac.at/volltexte/band-60/heft-4/mosaad.pdf>

MOULEHI I, Bourgou S, Ourghemmi I, Tounsi MS. 2012. Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*. 39:74-80. ISSN: 0926-6690. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.013>

MUNIR K, Maqsood S. 2013. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 25(1):66-80. ISSN: 2079-0538. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i1.9138>

MUSSATTO SI, Machado EM, Martins S, Teixeira JA. 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. 4:661. ISSN: 1935-5149. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>

NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academies Press. ISBN:978-0-309-04892-7.

PALMA MB, Pinto AL, Gombert AK, Seitz KH, Kivatinitz SC, Castilho LR, Freire DM. 2000. Lipase production by *Penicillium testricum* using solid waste of industrial babassu oil production as substrate. In: Twenty-First Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals. Pp. 1137-1145. Totowa, NJ: Humana Press. ISBN: 978-1-4612-1392-5. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1392-5_89

PANUSA A, Zuorro A, Lavecchia R, Marrosu G, Petrucci R. 2013. Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(17):4162-4168. ISSN: 1420-5118. <https://doi.org/10.1021/jf4005719>

PAPADAKI A, Diamantopoulou P, Papanikolaou S, Philippoussis A. 2019. Evaluation of biomass and chitin production of Morchella mushrooms grown on starch-based substrates. *Foods*. 8(7):239. ISSN: 2304-8158. <https://doi.org/10.3390/foods8070239>

PEREIRA GS, Cipriani M, Wisbeck E, Souza O, Strapazzon J, Gern RM. 2017. Onion juice waste for production of *Pleurotus sajor-caju* and pectinases. *Food and Bioprocess Processing*. 106:11-18. ISSN: 0960-3085. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.08.006>



PLEISSNER D, Lau KY, Schneider R, Venus J, Lin CSK. 2015. Fatty acid feedstock preparation and lactic acid production as integrated processes in mixed restaurant food and bakery wastes treatment. *Food Research International*. 73:52-61. ISSN: 0963-9969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.048>

RAJAVAT AS, Rai S, Pandiyan K, Kushwaha P, Choudhary P, Kumar M, Chackdar H, Singh A, Karthikeyan N, Bagul SY, Agnihotri A, Agnihotri A. 2020. Sustainable use of the spent mushroom substrate of *Pleurotus florida* for production of lignocellulolytic enzymes. *Journal of Basic Microbiology*. 60(2):173-184. ISSN: 1521-4028. <https://doi.org/10.1002/jobm.201900382>

RODRÍGUEZ-CARPENA JG, Morcuende D, Andrade MJ, Kylli P, Estévez M. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(10):5625-5635. ISSN: 1420-5118. <https://doi.org/10.1021/jf1048832>

ROSERO JC, Cruz S, Osorio C, Hurtado N. 2019. Analysis of phenolic composition of byproducts (seeds and peels) of avocado (*Persea americana* Mill.) cultivated in Colombia. *Molecules*. 24(17):3209. ISSN: 1420-3049. <https://doi.org/10.3390/molecules24173209>

SABER WIA, El-Naggar NE, AbdAl-Aziz SA. 2010. Bioconversion of lignocellulosic wastes into organic acids by cellulolytic rock phosphate-solubilizing fungal isolates grown under solid-state fermentation conditions. *Research Journal of Microbiology*. 5(1):1-20. ISSN: 1816-4935. <https://dx.doi.org/10.3923/jm.2010.1.20>

SAEIDI E, Shokrollahi B, Karimi K, Amiri-Andi M. 2016. Effects of medium-chain fatty acids on performance, carcass characteristics, blood biochemical parameters and immune response in Japanese quail. *British Poultry Science*. 57(3):358-363. ISSN: 1466-1799. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1169508>

SADEGHIAN-ABADI S, Rezaei S, Yousefi-Mokri M, Faramarzi MA. 2019. Enhanced production, one-step affinity purification, and characterization of laccase from solid-state culture of *Lentinus tigrinus* and delignification of pistachio shell by free and immobilized enzyme. *Journal of Environmental Management*. 244:235-246. ISSN: 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.058>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional. México. Pp. 32. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo_de_residuos_Detallado.pdf



SAHIN K, Smith MO, Onderci M, Sahin N, Gursu MF, Kucuk O. 2005. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. *Poultry Science*. 84(6):882-887. ISSN: 0032-5791.

<https://doi.org/10.1093/ps/84.6.882>

SALEEM M, Saeed MT. 2020. Potential application of waste fruit peels (orange, yellow lemon and banana) as wide range natural antimicrobial agent. *Journal of King Saud University - Science*. 32(1):805-810. ISSN: 1018-3647.

<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.02.013>

SCHMIDT CG, Furlong EB. 2012. Effect of particle size and ammonium sulfate concentration on rice bran fermentation with the fungus *Rhizopus oryzae*. *Bioresource Technology*. 123:36-41. ISSN: 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.07.081>

SCHMIDT CG, Gonçalves LM, Prietto L, Hackbart HS, Furlong EB. 2014. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rhizopus oryzae*. *Food Chemistry*. 146:371-377. ISSN: 0308-8146.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.101>

SCULLY DS, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N. 2016. An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars. *Bioengineering*. 3(4): 33. ISSN: 2306-5354.

<https://doi.org/10.3390/bioengineering3040033>

SHEHAB AE, Kamelia MZ, Khedr NE, Tahia EA, Esmail FA. 2012. Effect of dietary enzyme supplementation on some biochemical and hematological parameters of Japanese quails. *Journal of Animal Science Advances*. 2(9):734-739. ISSN: 2251-7219.

https://fvtm.stafpu.bu.edu.eg/Nutrient%20and%20clinical%20Nutrition/1063/publications/Fathy%20Attia%20Ismail%20Abdelfattah_2-2012-%20quail%203.pdf

SOCCOL CR, Marin B, Raimbault M, Lebeault JM. 1994. Potential of solid state fermentation for production of L(+)-lactic acid by *Rhizopus oryzae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 41:286-290. ISSN: 1432-0614. <https://doi.org/10.1007/BF00221220>

SUGANTHI R, Benazir JF, Santhi R, Ramesh Kumar V, Hari A, Meenakshi N, Nidhiya KA, Kavitha G, Lakshmi R. 2011. Amylase production by *Aspergillus niger* under solid state fermentation using agroindustrial wastes. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 3(2):1756-1763. ISSN: 0975-5462.

https://www.researchgate.net/profile/J-Fathima-Benazir/publication/50407003_Amylase_production_by_Aspergillus_Niger_under_solid_state_fermentation_using_agroindustrial_wastes/links/02e7e534d1324a553e000000/Amylase-production-by-Aspergillus-Niger-under-solid-state-fermentation-using-agroindustrial-wastes.pdf

https://www.researchgate.net/profile/J-Fathima-Benazir/publication/50407003_Amylase_production_by_Aspergillus_Niger_under_solid_state_fermentation_using_agroindustrial_wastes/links/02e7e534d1324a553e000000/Amylase-production-by-Aspergillus-Niger-under-solid-state-fermentation-using-agroindustrial-wastes.pdf



TALABI JY, Osukoya OA, Ajayi OO, Adegoke GO. 2016. Nutritional and antinutritional compositions of processed Avocado (*Persea americana* Mill) seeds. *Asian Journal of Plant Science and Research*. 6(2):6-12. ISSN: 2249-7412.

https://www.researchgate.net/profile/Olubode-Ajayi-2/publication/305991055_Nutritional_and_antinutritional_compositions_of_processed_Avocado_Persea_americana_Mill_seeds/links/610e42ba0c2bfa282a2b309f/Nutritional-and-antinutritional-compositions-of-processed-Avocado-Persea-americana-Mill-seeds.pdf

TELES AS, Chávez DW, Oliveira RA, Bon EP, Terzi SC, Souza EF, Gottshcalk LMF, Tonon RV. 2019. Use of grape pomace for the production of hydrolytic enzymes by solid-state fermentation and recovery of its bioactive compounds. *Food Research International*. 120:441-448. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.083>

TIAN M, Yuan Q. 2016. Optimization of phytase production from potato waste using *Aspergillus ficuum*. *3 Biotech*. 6:256. ISSN: 2190-5738. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0573-9>

TORRADO AM, Cortés S, Salgado JM, Max B, Rodríguez N, Bibbins BP, Converti A, Domínguez JM. 2011. Citric acid production from orange peel wastes by solid-state fermentation. *Brazilian Journal of Microbiology*. 42(1):394-409. ISSN: 1517-4405. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100049>

TRAKULVICHEAN S, Chaiprasert P, Otmakhova J, Songkasiri W. 2017. Comparison of fermented animal feed and mushroom growth media as two value-added options for waste cassava pulp management. *Waste Management & Research*. 35(12):1210-1219. ISSN: 1096-3669. <https://doi.org/10.1177%2F0734242X17730135>

USDA (United States Department of Agriculture). 2019. Livestock and poultry: world markets and trade. USA. Pp. 22. https://www.magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/usda/livestock_and_poultry-world_markets_and_trade/dlp-2019-2_octubre.pdf

VALDEZ-VAZQUEZ I, Acevedo-Benítez JA, Hernández-Santiago C. 2010. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(7):2147-2153. ISSN: 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.034>



VARGAS-SÁNCHEZ RD, Torres-Martínez BM, Torrescano-Urrutia GR, Sánchez-Escalante A, Esqueda M. 2021. Extraction of phenolic compounds from agro-industrial by-products by fungal fermentation with potential use as additives for meat and meat products. A review. *Biotecnia*. 23(3):66-77. ISSN: 1665-1456. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i3.1305>

VATTEM DA, Lin YT, Labbe RG, Shetty K. 2004. Phenolic antioxidant mobilization in cranberry pomace by solid-state bioprocessing using food grade fungus *Lentinus edodes* and effect on antimicrobial activity against select food borne pathogens. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 5(1):81-91. ISSN: 1466-8564. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2003.09.002>

WANG X, Feng M. 2009. Optimized solid-state fermentation of *Aspergillus niger* for production of feed-purpose β -glucanase and xylanase using rice residues from mass production of fungal biocontrol agents. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*. 35(1):39-44. ISSN: 1008-9209. <https://www.semanticscholar.org/paper/Optimized-solid-state-fermentation-of-Aspergillus-Xiaoxiao-Mingguang/937998954ad4ca3801dcf347bcd608ef8b7e7eb6>

WANG ZH, Dong XF, Zhang GQ, Tong JM, Zhang Q, Xu SZ. 2011. Waste vinegar residue as substrate for phytase production. *Waste Management & Research*. 29(12):1262-1270. ISSN: 1096-3669. <https://doi.org/10.1177%2F0734242X11398521>

WANG Y, Ran Z, Tan X, Ge J, Jin H. 2019. Study on the biological materials produced by *Phellinus igniarius* fermenting spent mushroom substrate and corn cob. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 252(2):022083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/252/2/022083>

XU L, Wang F, Zhang Z, Terry N. 2019. Optimization of polysaccharide production from *Cordyceps militaris* by solid-State fermentation on rice and its antioxidant activities. *Foods*. 8(11):590. ISSN: 2304-8158. <https://doi.org/10.3390/foods8110590>

ZHANG D, Hamauzu, Y. 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2(1):95-100. ISSN: 1459-0263. <https://doi.org/10.1234/4.2004.102>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>