

# CASCAS DE FRUTAS EXÓTICAS (LITCHI CHINENSIS E NEPHELIUM LAPPACEUM) VALORIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE



EXOTIC FRUIT PEELS (LITCHI CHINENSIS AND NEPHELIUM LAPPACEUM): NUTRITIONAL VALUE AND SUSTAINABILITY **EN**

CÁSCARAS DE FRUTAS EXÓTICAS (LITCHI CHINENSIS Y NEPHELIUM LAPPACEUM): APRECIACIÓN Y SUSTENTABILIDAD **ES**

**ANA F. VINHA**

FP-3ID, Instituto de Investigação, Inovação e Desenvolvimento da Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal.

LAQV/REQUIMTE, Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

✉ acvinha@ufp.edu.pt

**CLEMENCE FERCHAL**

Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas, Faculdade Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal.

✉ 39962@ufp.edu.pt

**CARLA SOUSA**

FP-3ID, Instituto de Investigação, Inovação e Desenvolvimento da Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal.

LAQV/REQUIMTE, Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

✉ sousasil@ufp.edu.pt



Vinha, A. F, Ferchal, C. & Sousa, C. (2022). Cascas de frutas exóticas (Litchi chinensis e *Nephelium lappaceum*) valorização e sustentabilidade. *Egitania Scientia*, 31 (jun/dez), pp.55-73.

**Submitted:** 6th December 2021

**Accepted:** 19th October 2022

## RESUMO

Lichia (*Litchi chinensis*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*) são frutas exóticas provenientes da Ásia, recentemente introduzidas na Europa. Com o aumento da produção mundial destes frutos, muitos subprodutos são desperdiçados durante o processamento industrial, incluindo-se as cascas não edíveis dos mesmos. Para além do aporte nutricional reconhecido, pensa-se que os compostos bioativos presentes nestes subprodutos sejam os responsáveis por diversas atividades biológicas, tais como, antioxidante, anti-inflamatória, antineoplásica, anti-glicémica, antimicrobiana, entre outras. O objetivo deste estudo visou determinar e comparar o aporte nutricional e conteúdo dos compostos bioativos, nomeadamente, fenólicos e flavonoides totais, das cascas não edíveis destes frutos no sentido de as valorizar e fomentar o seu uso em possíveis aplicações na indústria alimentar, farmacêutica e cosmética. Pela análise nutricional das cascas estudadas foram determinados os teores de humidade, cinzas, proteína, gordura total e hidratos de carbono, recorrendo a métodos estabelecidos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). Os teores de proteína variaram entre 2,0 e 7,4 g/100 g, sendo as cascas de rambutã a amostra com teor mais elevado. O teor de gordura total nunca excedeu os 1,8 g/100 g nas duas amostras estudadas e o teor de minerais das cascas de rambutã mostraram-se elevados (4,5 g/100g). Os hidratos de carbono obtidos nas duas amostras, os quais incluem a fibra dietética, variaram entre 76,8 e 83,3 g/100 g, não tendo afetado, de forma significativa, o valor energético total. No que toca aos compostos bioativos, verificou-se que as cascas da lichia apresentam teores superiores de fenólicos e de flavonoides totais (1578,0 mg EAG/g e 55,1 mg EC/g, respetivamente) relativamente às de rambutã, observando-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. Os teores de fenólicos totais foram superiores aos teores de flavonoides totais, observando-se uma concordância com outros estudos já publicados. Este estudo mostrou o elevado potencial das cascas não edíveis de frutos cujo consumo tem vindo a aumentar, como ingredientes ativos para diferentes produtos, como alimentos, produtos farmacêuticos ou cosméticos.

**Palavras-chave:** *Litchi chinensis*, *Nephelium lappaceum*, subprodutos, aporte nutricional, compostos bioativos.

## ABSTRACT

Lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) are exotic fruits from Asia, recently introduced in Europe. With the increase in the world production of those fruits, many by-products are wasted during industrial processing, including their non-edible peels. In addition to their recognized nutritional support, it is thought that the bioactive compounds present in these by-products are responsible for several biological activities, such as antioxidant, anti-inflammatory, antineoplastic, anti-glycemic, antimicrobial, among others. The aim of this study was to determine and compare the nutritional intake and the content of bioactive compounds, namely, total phenolics and flavonoids, from the non-edible peels of these fruits in order to value them and encourage their use in possible future applications in food, pharmaceutical and cosmetic industries. Through the nutritional analysis of the studied peels, the moisture, ash, protein, total fat and carbohydrate contents were analyzed using methods established by the *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). Protein contents varied between 2.0 and 7.4 g/100 g, with rambutan peels being the sample with the highest content. The total fat content never exceeded 1.8 g/100 g in the two samples studied and the mineral content of the rambutan peels was the highest (4.5 g/100g). Total carbohydrates obtained in the two samples, which included dietary fiber, varied between 76.8 and 83.3 g/100 g, not

having significantly affected the total energy value. With regard to bioactive compounds, it was found that the lychee peels have higher levels of total phenolics and flavonoids (1578.0 mg EAG/g and 55.1 mg EC/g, respectively) compared to rambutan, observing significant differences ( $p < 0.05$ ) between samples. The total phenolic content was higher than the total flavonoid content, in agreement with other published studies. This study showed the high potential of non-edible fruit peels whose consumption has been increasing as active ingredients for different products, such as food, pharmaceuticals or cosmetics.

**Keywords:** *Litchi chinensis*, *Nephelium lappaceum*, by-products, nutritional intake, bioactive compounds.

## RESUMEN

El lichi (*Litchi chinensis*) y el rambután (*Nephelium lappaceum*) son frutas exóticas de Asia, introducidas recientemente en Europa. Con el aumento de la producción mundial de estas frutas, muchos subproductos se desperdician durante el procesamiento industrial, incluidas sus pieles no comestibles. Además del reconocido soporte nutricional, se piensa que los compuestos bioactivos presentes en estos subproductos son responsables de diversas actividades biológicas, como antioxidantes, antiinflamatorias, antineoplásicas, antiglicémicas, antimicrobianas, entre otras. El objetivo de este estudio fue determinar y comparar la ingesta nutricional y el contenido de compuestos bioactivos, es decir, fenólicos totales y flavonoides, de las pieles no comestibles de estos frutos con el fin de valorarlos y promover su uso en posibles aplicaciones en la alimentación, industrias farmacéutica y cosmética. A través del análisis nutricional de las cáscaras estudiadas, se analizaron los contenidos de humedad, cenizas, proteínas, grasas totales y carbohidratos utilizando métodos establecidos por *Association of Official Analytical Chemists (AOAC)*. El contenido de proteínas varió entre 2,0 y 7,4 g/100 g, siendo la corteza de rambután la muestra con mayor contenido. El contenido total de grasa nunca superó los 1,8 g/100 g en las dos muestras estudiadas y el contenido mineral de las cáscaras de rambután fue elevado (4,5 g/100 g). Los carbohidratos obtenidos en las dos muestras, que incluyen fibra dietética, variaron entre 76,8 y 83,3 g/100 g, no habiendo afectado significativamente el valor energético total. Con respecto a los compuestos bioactivos, se encontró que las cáscaras de lichi tienen niveles más altos de fenoles y flavonoides totales (1578,0 mg EAG/g y 55,1 mg EC/g, respectivamente) en comparación con el rambután, observándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre muestras. El contenido de fenoles totales fue superior al contenido de flavonoides totales, de acuerdo con otros estudios publicados. Este estudio mostró el alto potencial de las cáscaras de frutas no comestibles cuyo consumo ha ido aumentando como ingredientes activos para diferentes productos, como alimentos, farmacéuticos o cosméticos.

**Palabras clave:** *Litchi chinensis*, *Nephelium lappaceum*, subproductos, ingesta nutricional, compuestos bioactivos.

# INTRODUÇÃO

O setor agro-alimentar estabelece uma ligação vital e sinérgica entre os dois pilares da economia: indústria e agricultura (Joglekar *et al.*, 2019). Atualmente, a nível mundial, aproximadamente 1/3 dos produtos alimentares para consumo humano são desperdiçados (resíduos de processamento, perda na cadeia ou subprodutos não edíveis), correspondendo a uma produção mundial de resíduos alimentares de ~1,3 bilhões de toneladas/ano (Iriundo-Dehond *et al.*, 2018). Assim, e face ao exposto, a valorização de resíduos e subprodutos alimentares tem-se tornado um tema merecedor de estudos científicos para melhorar a sustentabilidade da cadeia alimentar. Nesse sentido, a valorização de resíduos e subprodutos agroalimentares apresenta-se, atualmente, não só como uma necessidade, mas como uma oportunidade para obtenção de novos produtos de valor acrescentado. A mais-valia para as indústrias, em concreto para a indústria alimentar, advém tanto da diminuição de custos de eliminação ou tratamento dos resíduos, como do ganho de transformação dos subprodutos em produtos de valor, entre os quais se podem incluir novos ingredientes que podem vir a incorporar diversos tipos de produtos, incluindo-se alimentares, farmacêuticos e/ou cosmeceúticos. Nesse sentido, um dos grandes desafios atuais foca-se no processamento de subprodutos agro-alimentares para a recuperação de compostos de elevado valor e produção de metabolitos relevantes, através de processos químicos e biotecnológicos (Ben-Othman *et al.*, 2020). Desta forma, a valorização dos mesmos poderá contribuir para a produção mínima de resíduos ou até vir a cumprir o aclamado conceito de “desperdício zero”, garantindo as necessidades e exigências atuais do consumidor e da sociedade em geral.

Hoje em dia, o consumo e o processamento de frutas exóticas está a aumentar em todo o mundo, devido ao melhoramento das técnicas de preservação, transporte, sistemas de marketing e consciencialização do consumidor sobre os seus benefícios para a saúde. É do conhecimento geral que as frutas exóticas tropicais são ricas em compostos bioativos e nutrientes, como constituintes fenólicos, carotenoides, vitaminas e fibras alimentares. Porém, a indústria de processamento de frutas lida com o grande percentual de subprodutos e resíduos, como cascas, sementes e polpa, não aproveitados e acumulados no decurso das diferentes etapas das cadeias de processamento. Muitos autores reportaram que, na maioria dos casos, os subprodutos desperdiçados e não edíveis (e.g. cascas) podem apresentar teores de compostos bioativos semelhantes ou até superiores ao produto edível (Majerska *et al.*, 2019). Por exemplo, a casca de banana (*Musa*, Musaceae) compreende ~30-40% da massa total do fruto, cuja composição inclui proteína bruta (~8%), açúcares solúveis (~13,8%) e compostos fenólicos totais (~4,8%). A celulose, hemicelulose, clorofila, pectina e outros compostos de baixo peso molecular também estão descritos na casca da banana (Silva *et al.*, 2013). A laranja (*Citrus sinensis*, Rutaceae), quando processada, produz elevadas quantidades de casca (~40-50% da massa total), rica em celulose, hemicelulose, lignina, pectina (ácido galacturónico), pigmentos de clorofila e outros pigmentos de baixo peso (limoneno) (Singh *et al.*, 2020). Atualmente, a casca de laranja é tratada industrialmente para obtenção de óleos essenciais (frações de compostos voláteis e não voláteis e compostos aromatizantes). A riqueza em ácidos fenólicos (e.g. cafeico, *p*-cumárico, ferúlico e sinápico), flavonoides (e.g. naringina e hesperidina), flavonas polimetoxiladas (e.g. nobiletina e tangeretina) confere a este subproduto propriedades biológicas, tais como antimicrobianas, antioxidantes e antineoplásicas (Gao *et al.*, 2018). O limão (*Citrus limon*, Rutaceae) contém na sua casca elevados teores de terpenos e terpenoides, cujo óleo essencial tem sido amplamente usado como aromatizante e na cosmética (Aguilar-Hernandez *et al.*, 2020). As cascas de limão são ainda utilizadas para a produção de pectina e extração de flavonoides (principalmente narirutina) (El-Ghfar *et al.*, 2016). Sobre 59% da casca externa da amora (*Rubus sp.*, Rosaceae) estão descritos elevados teores de fibra, pectina e cálcio (Foo e Hameed, 2012).

Face ao supracitado e tendo em consideração a importância do reaproveitamento das cascas não edíveis de frutas tropicais, este trabalho teve por objetivo o estudo de duas frutas comumente consumidas no oriente, mas mundialmente em expansão, lichia (*Litchi chinensis*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*), enfatizando a caracterização nutricional e química dos seus subprodutos (cascas), numa perspectiva futura para novas aplicações, tanto no setor alimentar, como farmacêutico e cosmético.

### 1.1 LICHIA (*LITCHI CHINENSIS*)

Lichia (*Litchi chinensis*) é uma fruta tropical nativa da China, pertencendo à família Sapindaceae (Renu e Shachi, 2017). A produção média global de lichias é de ~3,3 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor (Altendorf, 2018). Contudo, nas últimas três décadas, a Índia teve um aumento significativo na área e produção deste fruto, impulsionando o mercado de exportação para outros países, incluindo-se países da União Europeia (EU) (Sahni *et al.*, 2020). Segundo Gosh *et al.* (2018), atualmente a Índia exporta 80% da produção anual, devido à excelente qualidade dos frutos, cujas variedades incluem: *Shahi*, *China*, *Elaichi*, *Bedana* e *Bombai*. Por isso, o cultivo de lichias fornece alimento, emprego, melhora as condições sócio-econômicas dos diferentes estados da Índia e, indiretamente, aumenta a produção industrial a nível mundial, estimulando o fabrico de produtos processados à base deste fruto, como conservas, sumos, entre outros (Sahni *et al.*, 2020). A lichia é normalmente consumida *in natura* ou processada, tornando-se uma das frutas mais populares pelos seus atributos sensoriais (sabor floral, cor atraente e textura macia) e elevado valor nutritivo. Os frutos inteiros de lichia têm sido usados, não apenas como fonte de alimento, mas também para fins medicinais. Além disso, este fruto, incluindo o pericarpo, a polpa e as sementes, também é usado na medicina tradicional chinesa. Por exemplo, o pericarpo da lichia tem sido usado para o controlo da disenteria e hemostasia (Zeng *et al.*, 2019). A polpa da lichia tem sido usada para a regulação do bom funcionamento de certos órgãos, como fígado, cérebro, baço e coração (Bhoopat *et al.*, 2011). A semente de lichia tem sido utilizada no tratamento de neoplasias urológicas, como cancro da próstata, bexiga e carcinoma renal (Guo *et al.*, 2017). As propriedades nutricionais da lichia variam em função das condições edáficas e climáticas, incluindo-se humidade, exposição à radiação solar, condições do solo, pluviosidade, entre outras (Vinha *et al.*, 2013). A polpa da lichia contém um elevado teor de humidade (~82%), e os açúcares são o grupo de nutrientes mais representativo na polpa, com teores compreendidos entre 10 e 19% (Hajare *et al.*, 2010). De entre os principais açúcares destacam-se a sacarose, frutose e glicose, sendo os teores de frutose e sacarose equitativos (Qingbin *et al.*, 2020). Além dos monossacáridos e oligossacáridos, a polpa da lichia também contém polissacáridos bioativos importantes, que, por hidrólise, originam arabinose, galactose e glicose, manose, ramnose e xilose (Huang *et al.*, 2018).

Na polpa concentra-se ácido málico, responsável por ~80% do total de ácidos orgânicos, junto com os ácidos tartárico, cítrico e ascórbico, em menores concentrações (Sarkar *et al.*, 2018). O ácido ascórbico é um dos micronutrientes mais descritos neste fruto, contudo o seu teor depende das variedades existentes no mercado (Srivastava *et al.*, 2018; Anjum *et al.*, 2017; Emanuele *et al.*, 2017; Cabral *et al.*, 2014). No que toca aos teores de proteína e de lípidos, este fruto apresenta valores significativamente baixos. Os micronutrientes com maior relevância são as vitaminas C e do complexo B, e minerais (manganês, magnésio, cobre, ferro, fósforo, potássio, selénio e cálcio) (Prakash *et al.*, 2017; Reyes *et al.*, 2016; Sivakumar *et al.*, 2008). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), uma dose de 100 gramas de lichia equivale a 66 kcal (USDA, 2019). Na verdade, este fruto reúne uma panóplia de vários nutrientes e é, também, usado na produção de diversos alimentos saudáveis, como bebidas, geleias e sopas (Sarkar *et al.*, 2018; Jing *et al.*, 2014). Entre muitos compostos, o oligonol (polifenol) extraído deste fruto exibe efeitos antioxidantes, diuréticos e antiobesidade (Bahijri *et al.*, 2018). Assim, devido à sua riqueza nutricional e qualidades

sensoriais, a lichia pode ser um alimento e/ou ingrediente representativo na indústria alimentar. Não obstante a sua composição nutricional, este fruto também é reconhecido pelo seu elevado teor de compostos nutracêuticos (não-nutrientes), tais como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos e carotenoides (Shirahigue e Ceccato-Antonini, 2020; Reyes *et al.*, 2016). Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados no sentido de averiguar a relação entre as estruturas químicas dos fitoquímicos e as suas propriedades biológicas. A casca da lichia (pericarpo) é uma parte importante da fruta que pode ser considerada uma fonte natural rica em compostos biologicamente ativos. O pericarpo contém flavonoides e antocianinas, incluindo-se proantocianidina B2, proantocianidina B4, quercetina-3-rutinósido, quercetina-3-glucósido, epicatequina, cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido e malvidina-3-glucósido (Zhu *et al.*, 2019; Emanuele *et al.*, 2017; Upadhyaya e Upadhyaya, 2017). Também o  $\beta$ -caroteno e o licopeno foram descritos apenas na casca deste fruto (Queiroz *et al.*, 2015). Sabe-se que o  $\beta$ -caroteno é a principal fonte de vitamina A, portanto a sua presença na casca valida a importância da valorização deste subproduto, tanto na indústria alimentar, como na farmacêutica e cosmética.

## 1.2 RAMBUTÃ (*NEPHELIUM LAPPACEUM*)

O rambutã (*Nephelium lappaceum* L.) é uma fruta tropical nativa da Malásia e Indonésia, pertencente à família Sapindaceae, com cerca de 37 géneros e 72 espécies identificadas (Bhat, 2019). Atualmente este fruto é cultivado em todo o Sudoeste Asiático (Filipinas, Singapura, Tailândia e Vietnã). Outros países que aderiram posteriormente ao seu cultivo, e conseqüente produção, são a Índia, Bangladesh, Austrália, África do Sul e México (Mahmood *et al.*, 2018a). Das vinte espécies encontradas na Malásia, dez são endêmicas (*N. aculeatum*, *N. compressum*, *N. costatum*, *N. daedaleum*, *N. hamulatum*, *N. havilandii*, *N. macrophyllum*, *N. meduseum*, *N. papillatum* e *N. reticulatum*). A espécie econômica mais importante do género *Nephelium* é *N. lappaceum* (Chakraborty *et al.*, 2018). Devido à sua semelhança morfológica, o rambutã é conhecido como “lichia peluda” (Rakariyatham *et al.*, 2020; Rohman, 2017). A produção mundial média deste fruto está a aumentar, tendo-se registado cerca de 1,3 milhões de toneladas em 2017 (Altendorf, 2018), porém, a quantificação pode ser pouco rigorosa, uma vez que quase toda a produção é autoconsumida. O rambutã oferece muitos benefícios nutricionais, uma vez que é um fruto de baixo teor calórico (~83 kcal/100 g), rico em açúcares (glicose e sacarose), fibras (~50%), proteínas, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes (Hernández-Hernández *et al.*, 2019).

Para além dos seus teores consideráveis de vitamina C, também contém outras vitaminas como a vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e B3 (niacina) (Bhat, 2019), minerais (cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, potássio, sódio e cálcio) (Shahrajabian *et al.*, 2020) e compostos fenólicos e aromáticos, como ácido cinâmico, vanilina, ácido fenilacético,  $\beta$ -damascenona, que são os compostos mais perfumados e responsáveis pelas características organolépticas marcantes deste fruto (Bhat, 2019; Rohman, 2017; Dembitsky *et al.*, 2011). De entre os compostos bioativos, destacam-se os carotenoides (xantofilas e  $\beta$ -caroteno), tocoferóis (vitamina E), taninos (ácido elágico, corilagina, geraniina), ácidos fenólicos derivados do ácido hidroxibenzóico (ácido gálico, ácido vanílico) e derivados do ácido hidroxicinâmico (ácido *p*-cumárico). Os flavonoides são uma classe muito representativa no reino vegetal e o rambutã não é exceção. Para além da rutina, quercetina e apigenina, as antocianinas (pelargonidinas) também foram identificadas (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Rohman, 2017; Rohman *et al.*, 2016; Sekar *et al.*, 2014; Dembitsky *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2011).

Durante o processamento, a casca, que representa ~45,7-64,7% do peso da fruta fresca, é descartada como subproduto (Solis-Fuentes *et al.*, 2010). Embora a casca do rambutã seja usada na medicina tradicional contra diarreia, disenteria, dispepsia, antiobesidade (Bhat, 2019; Mahmood *et al.*, 2018b; Sekar *et al.*, 2014), bem como no tratamento

da diabetes e na regulação da tensão arterial (Bhat, 2019), atualmente ainda existem informações limitadas sobre os compostos responsáveis por esses efeitos. Recentemente, alguns estudos indicaram que os compostos fenólicos, incluindo-se a geraniina, ácido elágico, rutina, quercetina e corilagina encontram-se predominantemente presentes na casca do fruto (Nguyen *et al.*, 2019; Mendez-Flores *et al.*, 2018). Na verdade, a casca do rambutã apresenta muitas propriedades biológicas, tais como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, anti-hiperglicêmica e antidiabética, e antineoplásica (Rakariyatham *et al.*, 2020), sendo um subproduto a ter em consideração para novas investigações e futuras aplicações terapêuticas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### AMOSTRAS

Neste estudo foram analisadas duas espécies de frutos, litchi e rambutã, adquiridos num mercado local (Porto), em 2020. Após receção dos frutos, efetuou-se a remoção da casca não edível de cada espécie em estudo, obtendo-se 3 réplicas distintas para cada amostra. Após secagem das cascas (em estufa) e de forma a garantir uma amostra homogénea, triturou-se cada amostra em moinho, até à obtenção de um pó fino. Todas as amostras foram devidamente acondicionadas em frascos de amostragem e conservadas ao abrigo da luz.

### ANÁLISE CENTESIMAL

As amostras foram analisadas quanto à composição nutricional, nomeadamente, humidade, cinzas, proteínas, lípidos e hidratos de carbono, de acordo com os procedimentos oficiais de análise da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2012).

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE

A humidade foi determinada instrumentalmente, usando uma balança de determinação de humidade, equipada com uma lâmpada de infra-vermelhos (Scaltec® modelo SMO 01, Scaltec instruments, Germany). Uma toma de ~1 g de amostra foi submetida a um processo de secagem a  $100 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir uma massa constante. As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em g/100 g de produto.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS

O teor de cinzas foi determinado por incineração direta da amostra (1 - 2 g), em mufla aquecida até  $550^\circ\text{C}$  (Thermolyne 48000, F48010-26, Electrothermal Engineering Ltd, Essex, United Kingdom), seguindo o método oficial da AOAC (920.153). O resultado foi determinado pela diferença da massa antes e depois do processo de incineração. As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em g/ 100 g de amostra em peso seco.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GORDURA TOTAL

Para a determinação do teor de gordura total foi usado o método de Soxhlet (AOAC 948.22). Uma toma de ~5 g de amostra foi adicionada a uma quantidade suficiente de sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), para absorção da humidade, e areia para evitar a colmatação durante a passagem do solvente (éter de petróleo). A mistura, isenta de humidade, foi transferida para cartuxos de celulose e estes colocados em ampolas de extração dos dispositivos de Soxhlet. A extração foi efetuada a quente, durante 8 horas, para balões de fundo redondo, previamente tarados e identificados. Após terminada a extração, procedeu-se à remoção do solvente por evaporação e, por fim, em estufa a  $100^\circ\text{C}$ , durante períodos de 30 minutos. Os balões foram arrefecidos num exsiccador e pesados até obtenção de massa constante. As análises foram realizadas em triplicado e os resultados apresentados em g/100 g de amostra em peso seco.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA TOTAL

Para a determinação do teor de proteína foi utilizado o método de Kjeldahl (AOAC 928.08), através da quantificação de azoto total presente nas amostras. Cerca de 1 g de amostra foi pesada em papel isento de azoto e colocada num tubo de Kjeldahl junto com duas pastilhas catalisadoras (Kjeldahl tablets) e 20 mL de ácido sulfúrico (96%). A digestão ácida foi realizada num digestor automático K-424 (BÜCHI®, BÜCHI Labortchnik AG, Switzerland) e os gases recolhidos num neutralizador de gases Scrubber B-414 (BÜCHI®, BÜCHI Labortchnik AG, Switzerland). A digestão terminou após obtenção de uma solução de tonalidade verde, garantindo a destruição da matéria orgânica por oxidação e formação de sais de amónio a partir do azoto orgânico. A solução foi alcalinizada com 90 mL de hidróxido de sódio (32%), libertando-se amoníaco que, por destilação numa unidade de destilação automática unit K-360 (BÜCHI®, BÜCHI Labortchnik AG, Switzerland), foi recolhido em 60 mL de ácido bórico (4%, pH 4,5). Posteriormente, efetuou-se uma titulação, utilizando  $H_2SO_4$  (0,2 M) como titulante e vermelho de metilo como indicador. Para determinar o teor de proteína das amostras, os resultados obtidos para o azoto total foram multiplicados por um fator de conversão de 6,25. As análises foram feitas em triplicado e os resultados expressos em g/100 g de amostra em peso seco.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO

O teor de hidratos de carbono foi determinado pelo método indireto, através do cálculo da diferença dos restantes parâmetros nutricionais das amostras, de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Hidratos de Carbono} = 100\% - (\% \text{ Proteína} + \% \text{ Lípidos} + \% \text{ Cinzas}). \quad (1)$$

Os resultados foram expressos em g/ 100 g de amostra em peso seco.

Compostos bioativos

### PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS

A determinação do teor de compostos bioativos (fenólicos totais e flavonoides totais) foi realizada em extratos hidroalcoólicos. Para a obtenção destes extratos utilizou-se como solvente uma solução de 50:50 (água:etanol, v/v), procedendo-se a uma extração sólido/líquido (0,5 g/ 50 mL), em placa de aquecimento com agitação constante, durante 60 minutos, a 40 °C, de acordo com o procedimento descrito por Costa et al. (2014). Os extratos obtidos foram filtrados com papel de filtro Whatman No. 1 e congelados a -25 °C para posterior análise. Os extratos foram realizados em triplicado.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FENÓLICOS TOTAIS

O teor de fenólicos totais (FT) dos extratos hidroalcoólicos foi determinado espectrofotometricamente, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (RFC), segundo o método analítico usado por Vinha *et al.* (2016). Resumidamente, foram colocados 500 µL de extrato, branco ou padrão (solução de ácido gálico, 1000 ppm), aos quais foram adicionados 2,5 mL de RFC diluído (1:10), deixando em repouso durante 5 min. Posteriormente, adicionaram-se 2,5 mL de solução de carbonato de sódio (7,5 %). Os extratos hidroalcoólicos de cada amostra foram colocados num banho a 45 °C durante 15 minutos, seguido de 30 minutos de repouso, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Foi determinada a absorvência a 765 nm, utilizando um leitor de microplacas Synergy HT (BioTek Instruments, Synergy HT GEN5, EUA). A correlação entre a absorvência da amostra e a concentração do padrão (ácido gálico) foi obtida através de uma reta de calibração (gama de linearidade: 0 - 100 mg/ L,  $R^2= 0,9992$ ) efetuada aquando das determinações. O teor de FT foi expresso em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG)/ g de amostra.

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FLAVONOIDES TOTAIS

A determinação do teor de flavonoides totais dos extratos hidroalcoólicos seguiu uma metodologia colorimétrica baseada na formação de um complexo flavonoide-alumínio, descrita por Vinha *et al.* (2016). O fundamento experimental consistiu em misturar 1 mL de amostra, 4 mL de água destilada e 300 µL de solução de nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ , 5%). Após 5 min adicionaram-se 300 µL de cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ , 10%), deixando reagir durante 1 min. Por fim, adicionaram-se 2 mL de uma solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ , 1M) e 2,4 mL de água destilada. As soluções foram homogeneizadas e as leituras foram efetuadas a 510 nm, utilizando um leitor de microplacas Synergy HT (BioTek Instruments, Synergy HT GENS5, EUA). A correlação entre a absorvência da amostra e a concentração do padrão (catequina) foi obtida através de uma reta de calibração (gama de linearidade: 0 - 450 mg/L,  $R^2= 0,9986$ ) efetuada aquando das determinações experimentais. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de catequina (EC)/ g de amostra.

### ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as determinação foram realizadas em triplicado para cada lote de amostras. Os resultados foram apresentados com média  $\pm$  desvio padrão. A análise da variância (ANOVA) e as comparações múltiplas de Tukey, ao nível de significância de 5%, foram realizadas usando o sistema de análises estatísticas GraphPad Prism 9.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estima-se que, em 2050, a população mundial atinja cerca de 9 bilhões, tornando-se necessário melhorar e desenvolver o sistema alimentar atual. Assim, impõe-se potenciar o consumo de produtos atualmente não edíveis, tais como subprodutos alimentares, muitas vezes desperdiçados pelas indústrias, de maneira a que estas novas alternativas consigam dar resposta à tendencial escassez de alimentos (Ocicka e Raźniewska, 2018). Por este motivo, torna-se urgente garantir que toda a população tenha acesso a alimentos seguros e nutritivos, produzidos de maneira sustentável e a custos reduzidos (Ben-Othman *et al.*, 2020), utilizando-se os subprodutos alimentares, como cascas e sementes de frutas (Coman *et al.*, 2019). Por outro lado, devido ao elevado volume de produção destas frutas, a quantidade de subprodutos também aumenta. Assim, estes últimos podem ser reaproveitados, quer pela indústria alimentar, quer pela farmacêutica e cosmética, como ingredientes funcionais ou produtos nutracêuticos. A determinação do perfil nutricional das cascas dos dois frutos estudados tornou-se, assim, essencial para a valorização do seu consumo e possíveis aplicações a nível industrial.

A composição nutricional das amostras das duas frutas (cascas não edíveis de lichia e de rambutã) encontra-se representada na Tabela 1.

**TABELA 1. PERFIL NUTRICIONAL DAS CASCAS DOS DOIS FRUTOS EM ESTUDO (LICHIA E RAMBUTÃ), EXPRESSOS EM G/ 100 G DE PESO SECO.**

COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL	LICHIA	RAMBUTÃ
<b>CINZAS</b>	<b>2,5 ± 0,9A</b>	<b>4,5 ± 0,9B</b>
Gordura	1,8 ± 0,6a	1,2 ± 0,4b
Proteína	2,0 ± 0,7a	7,41 ± 0,07b
Hidratos de carbono	76,8 ± 1,0a	83,3 ± 0,3b
Valor energético	331,4 Kcal/ 100 g 1386,6 KJ	373,6 Kcal/ 100 g 1563,1 KJ

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão (n=3) em g/100 g de peso seco de amostra.

Médias seguidas com letras diferentes na linha diferem estatisticamente (p<0,05).

Pela análise dos resultados obtidos (Tabela 1) verificaram-se diferenças significativas em todos os parâmetros avaliados. A casca de rambutã apresentou teores mais elevados de proteína (7,41 g/ 100 g) e de cinzas (4,5 g/ 100 g). No entanto, os teores de gordura obtidos nas cascas das duas frutas foram idênticos, apresentando-se sempre baixos (< 2%). As cascas da lichia foram a amostra que obteve menor teor proteico e menor teor de matéria inorgânica (p<0,05). Quanto maior o teor de cinzas, menor a quantidade de matéria orgânica, sendo este parâmetro também um bom indicador do teor mineral presente na matriz em estudo (Sharifi *et al.*, 2017). O teor de cinzas encontrado nas cascas dos dois frutos estudados mostra-se concordante com os reportados noutros estudos. Por exemplo, Rakariyatham *et al.* (2020) reportaram teores de cinzas de 3,1% nas cascas de rambutã, enquanto Queiroz *et al.* (2018) descreveram teores de 3,3% nas cascas de lichias. É do conhecimento geral que a casca de uma fruta é considerada como a camada protetora externa da mesma, cobrindo o conteúdo edível, o que permite estabilizar a integridade da fruta e conferir proteção à mesma. O teor lipídico encontrado nas cascas das frutas estudadas foi bastante baixo, variando entre 1,2 e 1,8%. Estes teores são idênticos aos valores descritos nas cascas de outros frutos, como bolota (Vinha *et al.*, 2016), maracujá (Da Silva Filho *et al.*, 2019) e manga (Lebaka *et al.*, 2021). Pela análise dos resultados, verificou-se uma variação significativa entre os teores de proteína total das duas amostras, sendo a casca de rambutã o subproduto com valores significativamente maiores (7,41%). Embora estes valores sejam concordantes com os descritos por outros autores (Rakariyatham *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020), destaca-se o aporte proteico, valorizando-se assim estes subprodutos para futuras utilizações, sugerindo-se mais estudos, nomeadamente, sobre a composição em aminoácidos. Sabe-se, por exemplo, que a elaboração e a caracterização de farinhas, a partir de subprodutos de cascas de frutas, têm sido alvo de inúmeros estudos face às reconhecidas características nutricionais e potencialidades para aplicações futuras como ingredientes alimentares (Larrosa e Otero, 2021; Resende *et al.*, 2019; Leão *et al.*, 2017). No que toca aos teores de hidratos de carbono, não se pode deixar de ter em conta o valor de fibras dietéticas totais, as quais não foram quantificadas neste trabalho. Assim, e embora os valores obtidos experimentalmente sejam elevados, variando entre 76,8 e 83,3%, não se pode descorar a hipótese de que o teor de fibras seja relevante nestes valores obtidos. Segundo Rakariyatham *et al.* (2020), o teor de fibras presentes nas cascas de rambutã ronda os 53%, enfatizando o que foi referido anteriormente.

Tendo já discutido os nutrientes que podem fornecer energia (lípidos, proteínas e hidratos de carbono), poder-se-á abordar os valores energéticos das duas amostras estudadas. A casca de lichia apresentou o teor calórico mais baixo (331,4 Kcal/ 100 g), valor expectável face às reduzidas concentrações de gordura e de proteína. As cascas de rambutã apresentaram valores ligeiramente superiores, proporcionais ao aumento de hidratos de carbono quantificados. Comparando o valor calórico das amostras estudadas com o de outros subprodutos de frutas, verificou-se que todas elas apresentaram valores calóricos idênticos aos descritos para a maçã, ananás, banana, manga e melancia (Romelle *et al.*, 2016).

Além dos nutrientes essenciais, a maioria dos frutos possuem consideráveis quantidades de micronutrientes, tais como minerais, vitaminas e metabolitos secundários (fitoquímicos). Alguns estudos descreveram a presença desses constituintes, principalmente metabolitos secundários, como proantocianidinas e flavonoides na casca de lichia, sugerindo que este subproduto fosse usado como antioxidante natural, ingrediente funcional ou conservante natural (Silva *et al.*, 2016). No que toca às cascas de rambutã, Rakariyatham e colaboradores (2020) afirmam serem subprodutos subvalorizados, ricos em macro e micronutrientes. Os mesmos autores também valorizam o elevado teor de compostos bioativos presentes nas cascas, manifestamente superiores aos presentes nas partes edíveis do mesmo fruto. De facto, estes materiais vegetais contêm um número significativo de compostos fenólicos, que se podem relacionar com a sua ampla gama de atividades biológicas. Face ao exposto, neste trabalho foram quantificados os teores de fenólicos e de flavonoides totais, a partir de extratos hidroalcoólicos das cascas das frutas em estudo. Os valores obtidos de fenólicos e flavonoides totais estão apresentados na Tabela 2.

**TABELA 2. TEOR DE FENÓLICOS E DE FLAVONOIDES TOTAIS OBTIDOS NOS EXTRATOS HIDROALCOÓLICOS DAS DUAS AMOSTRAS EM ESTUDO.**

	FENÓLICOS TOTAIS (MG EAG/ G)	FLAVONOIDES TOTAIS (MG EC/ G)
Lichia	1578 ± 4a	55,1 ± 0,9b
Rambutã	649 ± 1a	50 ± 3b

Os valores são expressos através da média ± desvio padrão (n=3). Médias seguidas com letras diferentes na linha diferem estatisticamente (p<0,05).

Pela análise dos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que as cascas de lichia contêm maiores teores de compostos bioativos, observando-se uma diferença significativa entre as duas amostras. Foram igualmente observados nas amostras valores elevados de fenólicos, em comparação com os de flavonoides. O teor de fenólicos totais presentes nas cascas de lichia (1578 mg EAG/ g) mostrou-se significativamente superior aos valores descritos por outros autores (Silva *et al.*, 2020; Reyes *et al.*, 2016; Shukla *et al.*, 2012). As diferenças podem estar relacionadas com diversos fatores, incluindo método e solvente usado na extração, condições edafo-climáticas, grau de maturação do fruto, entre outras. Também o erro do método analítico pode influenciar as diferenças observadas pelos diferentes autores. Por exemplo, o tempo de extração pode interferir na ação das enzimas polifenoloxidases, as quais produzem produtos de oxidação dos fenóis promovendo o aumento da intensidade da cor da solução e, consequentemente, um sinal analítico superior. A casca de rambutã apresentou teores consideráveis de fenólicos totais, significativamente inferiores aos obtidos na casca de lichia. Yunusa *et al.* (2018) reportaram teores de fenólicos totais de 244 mg GAE/ g e 49, 92 mg GAE/ g em extratos etanólicos e aquosos de cascas de rambutã, respetivamente. Nhat Minh Phuong e colaboradores (2020) mostraram que o teor de fenólicos totais das cascas de rambutã varia mediante a natureza do solvente extrator, apresentando variações significativas (200-500 mg GAE/ g). A comparação dos teores de fenólicos totais presentes nas cascas de rambutã por diferentes métodos de extração

também já foi realizada. Yoswathana e Eshtiaghi (2013), através da comparação dos métodos de extração, mais concretamente, por maceração durante 6 h, Soxhlet durante 4 h e extração subcrítica com água durante 20 minutos, obtiveram teores de 26,42; 70,29 e 172,47 mg EAG/g, respetivamente.

Relativamente ao teor de flavonoides totais, a ordem quantitativa mostrou-se coerente com os valores obtidos para os fenólicos totais (lichia > rambutã). Verificou-se que os teores de flavonoides totais foram sempre inferiores aos teores de fenólicos totais, observando-se uma concordância com outros estudos realizados, incluindo-se noutras cascas de frutas (Begam *et al.*, 2020; Rakariyatham *et al.*, 2020; Suleria *et al.*, 2020). Tal como já foi referido anteriormente, existem diversos fatores que interferem na quantificação dos compostos bioativos, incluindo a espécie, as condições edafo-climáticas, a natureza do solvente e condições de extração. Para além disso, alguns investigadores têm observado uma diminuição dos teores de fenólicos e de flavonoides durante o processo de maturação das espécies vegetais (Hervalejo *et al.*, 2021; Habibi *et al.*, 2020). Estas alterações podem ser, sobretudo, devido ao rápido crescimento dos tecidos vegetais no início da época, que conduz a um efeito de diluição e consequente perda dos compostos bioativos. Tal como o observado nos fenólicos totais, muitos autores relataram teores de flavonoides inferiores aos obtidos neste trabalho. Cita-se, como exemplo, o trabalho publicado por Lal *et al.* (2018), que relataram teores de flavonoides totais compreendidos entre 0,75 e 96,37 mg EC/g, em extratos hidroalcoólicos de cascas de 30 genótipos de lichias. Ghosh *et al.* (2018) reportaram um teor de 2,86 mg EC/g em extratos metanólicos (80%) de cascas de lichia. As cascas edíveis e não edíveis das frutas são reconhecidas por apresentarem maiores teores de compostos bioativos dos que as polpas das mesmas. Na verdade, quando comparados os teores de compostos bioativos entre as partes comestíveis e as componentes não edíveis (sementes e cascas), a maioria dos estudos são unânimes em confirmar que estes compostos se concentram mais nas partes não edíveis (subprodutos). Um estudo semelhante realizado em duas cultivares de rambutã mostrou que a casca da fruta continha quantidades muito superiores tanto de fenólicos como de flavonoides totais, quando comparados com os teores observados nas sementes e polpas dos mesmos frutos (Thitilertdech, 2010).

Em suma, os compostos bioativos presentes nos subprodutos destes frutos têm atraído grande atenção devido às suas propriedades biológicas. Como estes materiais vegetais contêm teores significativos de compostos fenólicos, os estudos realizados até à data têm vindo a demonstrar os efeitos sinérgicos de promoção da saúde a partir da combinação de fenólicos essenciais presentes nas cascas de lichia e rambutã. Estas propriedades impulsionam futuras aplicações, como nutracêuticos na indústria dos alimentos e produtos cosmeceúticos na área da cosmética.

## CONCLUSÃO

O trabalho realizado teve como fundamento a valorização das cascas de frutas exóticas em franca expansão no mercado mundial (lichia e rambutã), visando uma possível reutilização das mesmas. O valor nutricional destas matrizes alimentares evidenciou baixos teores de proteínas e lípidos nas cascas, sendo, no entanto, estas ricas em hidratos de carbono, maioritariamente em fibra dietética. Por este motivo, é difícil compreender a falta de envolvimento na produção e utilização destes subprodutos como ingredientes funcionais, nutracêuticos e/ou cosmeceúticos. Os teores de compostos bioativos também enfatizaram a importância da valorização futura destes subprodutos alimentares. Dos dois frutos estudados, as cascas de lichia foram as que mais se destacaram pelo menor valor energético total e menor teor proteico, sugerindo

que estes subprodutos sejam utilizados como futuros ingredientes para alimentos específicos (por exemplo, isentos de glúten). Os teores elevados de compostos bioativos também sugerem que estes produtos possam vir a ser usados para o desenvolvimento de novos produtos, não só na indústria alimentar, como farmacêutica e cosmética, tendo sempre como foco principal o conceito de sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

- Aguilar-Hernandez, M. G., Sanchez-Bravo, P., Hernandez, F., Carbonell-Barrachina, A. A., Pastor-Perez, J. J., & Legua, P. (2020). Determination of the volatile profile of lemon peel oils as affected by rootstock. *Foods*, *9*, 1-9.
- Altendorf, S. (2018). Minor tropical fruits: Mainstreaming a niche market. In: *Food Outlook - Biannual report on global food markets*, (pp.69-76). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Anjum, J., Lone, R., & Wani, K. A. (2017). Lychee (*Litchi chinensis*): Biochemistry, panacea, and nutritional value. In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. (Eds.) *Lychee Biology and Biotechnology*, (pp. 237-256). Springer Nature Singapore Pte Ltd. 10.1007/978-981-10-3644-6\_5
- AOAC International, Official Methods of Analysis, (19th ed.) 2012.
- Bahijri, S. M., Ajabnoor, G., Hegazy, G. A., Alsheikh, L., Moumena, M. Z., Bashanfar, B. M., & Alzahrani, A. H. (2018). Supplementation with oligonol, prevents weight gain and improves lipid profile in overweight and obese saudi females. *Curr. Nutr. Food Sci.*, *14*, 164-70.
- Begam, A., John, S., Monica, S., Priyadarshini, S., Sivaraj, C., & Arumugam, P. (2020). In vitro antioxidant activity and GC-MS analysis of peel and pulp extracts of *Dimocarpus Longan*. *Int. J. Biol. Pharm.*, *9*, 1269-83.
- Ben-Othman, S., Joudu, I., & Bhat, R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, *25*, 1-34.
- Bhat, R. (2019). Bioactive compounds of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). In: Hosakatte Niranjana Murthy & Vishwas Anant Bapat (Eds.), *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*, (1<sup>st</sup> Edition, pp.1-12). 10.1007/978-3-030-06120-3\_4-1
- Bhoopat, L., Srichairatanakool, S., Kanjanapothi, D., Taesotikul, T., Thananchai, H., & Bhoopat, T. (2011). Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities. *J. Ethnopharmacol.*, *136*, 55-66.
- Cabral, T. A., Cardoso, L. d. M., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2014). Chemical composition, vitamins and minerals of a new cultivar of lychee (*Litchi chinensis* cv. Tailandes) grown in Brazil. *Fruits*, *69*, 425-34.
- Chakraborty, B., Mishra, D. S., Hazarika, B. N., Hazarika, T. K., & Ghosh, S. N. (2018). Rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Sains Malaysiana*, *47*(7), 425-39.
- Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martau, G. A., Szabo, K., Calinoiu, L. F., & Vodnar, D. C. (2019). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Adv. Food Nutr. Res.*, *91*, 157-225.
- Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M., &

Oliveira, M. B. P. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Ind. Crops Prod.*, 53, 350-7.

Da Silva Filho, D. F., Batista, M. R. A., Aguiar, J. P. L., Machado, F. M., Figueiredo, J. N. R., & Ticona-Benavente, C. A. (2019). Passiflora foetida yielding and nutritional composition. *Rev. Bras. Frutic.*, 41, 1-6.

Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Res. Int.*, 44, 1671-701.

El-Ghfar, M. H. A. A., Ibrahim, H. M., Hassan, I. M., Abdel Fattah, A. A., & Mahmoud, M. H. (2016). Peels of lemon and orange as value-added ingredients: chemical and antioxidant properties. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 5, 777-94.

Emanuele, S., Lauricella, M., Calvaruso, G., D'Anneo, A., & Giuliano, M. (2017). *Litchi chinensis* as a functional food and a source of antitumor compounds: An overview and a description of biochemical pathways. *Nutrients*, 9, 1-15.

Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2012). Potential of jackfruit peel as precursor for activated carbon prepared by microwave induced NaOH activation. *Bioresour. Technol.*, 112, 143-50.

Fu, C., Yang, X., Lai, S., Liu, C., Huang, S. and Yang, H. (2015). Structure, antioxidant and  $\alpha$ -amylase inhibitory activities of longan pericarp proanthocyanidins. *J. Funct. Foods*, 14, pp.23-32.

Ghosh, S., Kundu, P., Saha, M., Sahu, N. C., & Chatterjee, J. K. (2018). Comparative analysis of phenolic contents in litchi and pomelo fruit peel. *Journal of Krishi Vigyan*, 7, 18-23.

Guo, H., Luo, H., Yuan, H., Xia, Y., Shu, P., Huang, X., Lu, Y., Liu, X., Keller, E. T., Sun, D., Deng, J., & Zhang, J. (2017). Litchi seed extracts diminish prostate cancer progression via induction of apoptosis and attenuation of EMT through Akt/GSK-3 $\beta$  signaling. *Sci. Rep.*, 7, 1-13.

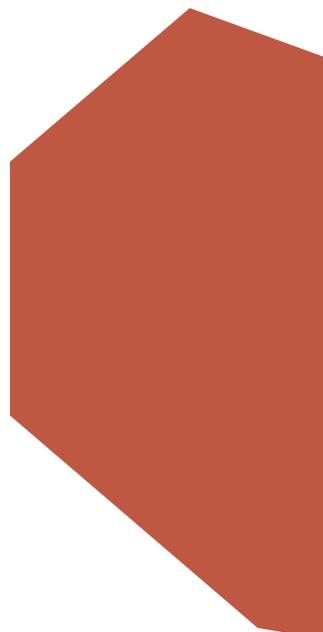
Habibi, F., Ramezani, A., Guillen, F., Castillo, S., Serrano, M., & Valero, D. (2020). Changes in bioactive compounds, antioxidant activity, and nutritional quality of blood orange cultivars at different storage temperatures. *Antioxidants*, 9, 1-15.

Hajare, S. N., Saxena, S., Kumar, S., Wadhawan, S., More, V., Mishra, B. B., Narayan Parte, M., Gautam, S., & Sharma, A. (2010). Quality profile of litchi (*Litchi chinensis*) cultivars from India and effect of radiation processing. *Radiat. Phys. Chem.*, 79, 994-1004.

Hernández-Hernández, C., Aguilar, C. N., Rodríguez-Herrera, R., Flores-Gallegos, A. C., Morlett-Chávez, J., Govea-Salas, M., & Ascacio-Valdés, J. A. (2019). Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.): Nutritional and functional properties. *Trends Food Sci. Technol.*, 85, 201-10.

Hervalejo, A., Arjona-López, J. M., Ordóñez-Díaz, J. L., Romero-Rodríguez, E., Calero-Velázquez, R., Moreno-Rojas, J. M., & Arenas-Arenas, F. J. (2021). Influence of harvesting season on morphological and sensory quality, bioactive compounds and antioxidant activity of three late-season orange cultivars 'Barberina', 'Valencia Midnight' and 'Valencia Delta Seedless'. *Agronomy*, 11, 1-13.

Huang, F., Liu, Y., Zhang, R., Dong, L., Yi, Y., Deng, Y., Wei, Z., Wang, G., & Zhang, M. (2018). Chemical and rheological properties of polysaccharides from litchi pulp. *Int. Biol. Macromol.*, 112, 968-975.



- Iriondo-DeHond, M., Miguel, E., & Del Castillo, M. D. (2018). Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. *Nutrients*, *10*, 1-24.
- Jing, Y., Huang, L., Lv, W., Tong, H., Song, L., Hu, X., & Yu, R. (2014). Structural characterization of a novel polysaccharide from pulp tissues of *Litchi chinensis* and its immunomodulatory activity. *J. Agric. Food Chem.*, *62*, 902-11.
- Joglekar, S. N., Pathak, P. D., Mandavgane, S. A., & Kulkarni, B. D. (2019). Process of fruit peel waste biorefinery: a case study of citrus waste biorefinery, its environmental impacts and recommendations. *Environ. Sci. Pollut. R.*, *26*, 34713-22.
- Lal, N., Pandey, S., Nath, V., Agrawal, V., Gontia, A., & Sharma, H. (2018). Total phenol and flavonoids in by-product of Indian litchi: Difference among genotypes. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, *7*, 2891-4.
- Larrosa, A. P. Q., & Otero, D. M. (2021). Flour made from bt-products: Characteristics, processing conditions, and applications. *J. Food Process. Preserv.*, *45*, e15398.
- Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R. & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chem.*, *225*, 146-53.
- Lebaka, V. R., Wee, Y. J., Ye, W., & Korivi, M. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *18*, 1-20.
- Mahmood, K., Fazilah, A., Yang, T. A., Sulaiman, S., & Kamilah, H. (2018a). Valorization of rambutan (*Nephelium lappaceum*) by-products: Food and non-food perspectives. *Int. Food Res.*, *25*, 890-902.
- Mahmood, K., Kamilah, H., Alias, A. K., & Ariffin, F. (2018b). Nutritional and therapeutic potentials of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.) and the by-products: a review. *J. Food Meas. Charact.*, *12*, 1556-71.
- Majerska, J., Michalska, A., & Figiel, A. (2019). A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products. *Trends Food Sci. Technol.*, *88*, 207-19.
- Mendez-Flores, A., Ascacio-Valdés, J., Hernández-Almanza, A., Sáenz-Galindo, A., Morlett-Chávez, J., & Aguilar, C. (2018). Ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenolic compounds from *Nephelium lappaceum* L. (Mexican variety) husk. *Asian Pac. J. Trop. Med.*, *11*, 676-81.
- Nguyen, N. M. P., Le, T. T., Vissenaekens, H., Gonzales, G. B., Van Camp, J., Smagghe, G., & Raes, K. (2019). In vitro antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, *54*, 1169-78.
- Nhat Minh Phuong, N., Trung Le, T., Quan Dang, M., Van Camp, J., & Raes, K. (2020). Selection of extraction conditions of phenolic compounds from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel. *Food Bioprod. Process.*, *122*, 222-9.
- Ocicka, B., & Raźniewska, M. (2018). Food waste reduction as a challenge in supply chains management. *Logforum*, *14*, 549-61.
- Prakash, Ks., Bashir, K., & Mishra, V. (2017). Development of synbiotic litchi juice drink and its physiochemical, viability and sensory analysis. *Int. J. Food Process. Technol.*, *8*, 1-6.
- Qingbin, G., Nifei, W., Huanhuan, L., Zhenjing, L., Laifeng, L., & Changlu, W. (2020). The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. A review. *J. Func. Foods*, *65*, 1-12.

Queiroz, E., Abreu, C. M. P., Oliveira, K. S., Ramos, V., & Fráguas, R. M. (2015). Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. *Cienc. Agron.*, *46*, 163-9.

Queiroz, E. R., Abreu, C. M. P., Rocha, D. A., Sousa, R. V., Fraguas, R. M., Braga, M. A., & Cesar, P. H. S. (2018). Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) peel flour: effects on hepatoprotection and dyslipidemia induced by a hypercholesterolemic diet. *Na. Acad. Bras. Ciênc.*, *90*, 267-81.

Rakariyatham, K., Liu, X., Liu, Z., Wu, S., Shahidi, F., Zhou, D., & Zhu, B. (2019). Improvement of phenolic contents and antioxidant activities of longan (*Dimocarpus longan*) peel extracts by enzymatic treatment. *Waste and Biomass Valorization*, *11*, 3987-4002.

Rakariyatham, K., Zhou, D., Rakariyatham, N., & Shahidi, F. (2020). Sapindaceae (*Dimocarpus longan* and *Nephelium lappaceum*) seed and peel by-products: Potential sources for phenolic compounds and use as functional ingredients in food and health applications. *J. Funct. Foods*, *67*, 1-21.

Renu, S., & Shachi, A. (2017). Litchi chinensis: Taxonomy, botany and its cultivars. In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. (Eds.). *Lychee Disease Management*, (pp.191-210). Springer, Singapore.

Resende, L M., Franca, A S., & Oliveira, L. S. (2019). Buriiti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chem.*, *270*, 53-60.

Reyes, A., Castillo, J. F., Montiel, R. G. C., & Carrillo, M. L. (2016). Phenolic content and antioxidant activity in litchi fruit (Sonn.) pericarp. *Jökull Journal*, *66*, 63-73.

Rohman, A. (2017). Physico-chemical properties and biological activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit. *Res. J. Phytochem.*, *11*(2), 66-73.

Rohman, A., Riyanto, S., Mistriyani, S., & Endro N. A. (2016). Antiradical activities of rambutan peel: Study from two cultivars. *Res. J. Phytochem.*, *11*, 42-47.

Romelle, F. D., Rani, A. P., & Manohar, R. S. (2016). Chemical composition of some selected fruit peels. *Eur. J. Food Sci. Technol.*, *4*, 12-21.

Sahni, R. K., Kumari, S., Kumar, M., Kumar, M., & Kumar, A. (2020). Status of litchi cultivation in India. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, *9*, 1827-40.

Sarkar, T., Nayak, P., & Chakraborty, R. (2018). Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) products and processing technologies: an Update. *Ambient Sci.*, *5*, 11-6.

Sekar, M., Jaffar, F., Zahari, N., Mokhtar, N., Zulkifli, N., Kamaruzaman, R., & Abdullah, S. (2014). Comparative evaluation of antimicrobial properties of red and yellow rambutan fruit peel extracts. *Annu. Res. Rev. Biol.*, *4*, 3869-74.

Shahrajabian, M. H., Sun, W., Khoshkaram, M., & Cheng, Q. (2020). Rambutan, a tropical plant with ethno-pharmaceutical properties. *Agrociencia*, *54*, 121-8.

Sharifi, M., Bashtani, M., Naserian, A., & Farhangfar, H. (2017). Determination of chemical composition, mineral content, antioxidant capacity and rumen degradability in various varieties of wasted date palm. *Ital. J. Anim. Sci.*, *16*, 507-14.

Shirahigue, L. D., & Ceccato-Antonini, S. R. (2020). Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries. *Ciência Rural*, *50*, 1-17.

- Shukla, R., Paubuly, D., Porval, A., & Shukla, A. (2012). Proximate analysis, nutritive value, total phenolic content and antioxidant activity of *Litchi chinensis* Sonn.. *Indian. J. Nat. Prod.*, 8, 361-9.
- Silva, C., Garcia, V., & Franciscato, L. (2016). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from litchia peels (*Litchi Chinensis* Sonn.). *Rev. Cienc. Exatas Nat.*, 18, 25-9.
- Silva, C. R., Gomes, T. F., Andrade, G. C., Monteiro, S. H., Dias, A. C., Zagatto, E. A., & Tornisielo, V. L. (2013). Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters. *J. Agric. Food Chem.*, 61, 2358-63.
- Silva, J. S., Ortiz, D. W., Garcia, L. G. C., Asquieri, E. R., Becker, F. S., & Damiani, C. (2020). Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. *Food Sci. Technol.*, 40, 810-6.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Res. Int.*, 132, 1-87.
- Sivakumar, D., Arrebola, E., & Korsten, L. (2018). Postharvest decay control and quality retention in litchi (cv. McLean's Red) by combined application of modified atmosphere packaging and antimicrobial agents. *Crop Protection*, 27, 1208-14.
- Solis-Fuentes, J. A., Camey-Ortiz, G., Hernandez-Medel Mdel, R., Perez-Mendoza, F., & Durand-Bazua, C. (2010). Composition, phase behavior and thermal stability of natural edible fat from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) seed. *Biores. Technol.*, 101, 799-803.
- Srivastava, V., Viswakarma, B., Deep, P., Awasthi, H., Verma, S., & Vishnoi, R. K. V., S. (2018). A phytopharmacological review of *Litchi chinensis*. *Int. J. Pharma. Sci. Rev. Res.*, 51(1), 58-65.
- Suleria, H. A. R., Barrow, C. J., & Dunshea, F. R. (2020). Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. *Foods*, 9, 1-26.
- Sun, J., Peng, H., Su, W., Yao, J., Long, X., & Wang, J. (2011). Anthocyanins extracted from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pericarp tissues as potential natural antioxidants. *J. Food Biochem.*, 35, 1461-7.
- Thitilertdech, N. (2010). *Extraction, Isolation, Purification, and Structural Identification of Phenolic Compounds from Rambutan*. Doctoral thesis, Chiang Mai University.
- Upadhyaya, D. C., & Upadhyaya, C. P. (2017). Bioactive compounds and medicinal importance of *Litchi chinensis*. In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. (Eds.). *The Lychee Biotechnology*, (1<sup>st</sup> edition, pp.333-361). Springer-Nature, Singapore. 10.1007/978-981-10-3644-6
- USDA (2019). Litchis, raw. [Em linha]. Disponível em <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169086/nutrients>>. [Consultado em 27.11.2020]
- Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P. (2016). A New age for *Quercus* spp. fruits: review on nutritional and phytochemical composition and related biological activities of acorns. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 15, 947-81.
- Vinha, A. F., Moreira, J., & Barreira, S. V. P. (2013). Physicochemical parameters, phytochemical composition and antioxidant activity of the algarvian avocado (*Persea americana* Mill.). *J. Agric. Sci.*, 5, 100-9.
- Wang, J., Guo, D., Han, D., Pan, X., & Li, J. (2020). A comprehensive insight into the metabolic landscape of fruit pulp, peel, and seed in two longan (*Dimocarpus longan* Lour.) varieties. *Int. J. Food Prop.*, 23, 1527-39.

Yoswathana, N., & Eshtiaghi, M. N. (2013). Optimization for subcritical water extraction of phenolic compounds from rambutan peels. *Int. J. Chem. Eng.*, *6*, 323-7.

Yunusa, A., Abdullahi, N., Rilwan, A., Abdulkadir, A., & Dandago, M. (2018). DPPH radical scavenging activity and total phenolic content of rambutan (*Nephelium lappaceum*) peel and seed. *Food Sci. Technol.*, *19*, 774-9.

Zeng, Q., Xu, Z., Dai, M., Cao, X., Xiong, X., He, S., Yuan, Y., Zhang, M., Dong, L., Zhang, R., & Su, D. (2019). Effects of simulated digestion on the phenolic composition and antioxidant activity of different cultivars of lychee pericarp. *BMC Chem.*, *13*, 1-10.

Zhu, X. R., Wang, H., Sun, J., Yang, B., Duan, X. W., & Jiang, Y. M. (2019). Pericarp and seed of litchi and longan fruits: constituent, extraction, bioactive activity, and potential utilization. *J. Zhejiang Univ. Sci.-B*, *20*, 503-12.

