

Clémence Ferchal

# **Cascas não edíveis de frutas tropicais: novo conceito de sustentabilidade**

Faculdade das Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2021



Clémence Ferchal

# **Cascas não edíveis de frutas tropicais: novo conceito de sustentabilidade**

Faculdade das Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2021

Cascas não edíveis de frutas tropicais: novo conceito de sustentabilidade

---

Clémence Ferchal

Trabalho apresentado à Universidade Fernando  
Pessoa como parte dos requisitos para obtenção  
do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

## RESUMO

Lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) 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 pelas atividades biológicas já reconhecidas, tais como, antioxidante, anti-inflamatória, antineoplásica, anti-glicémica, antimicrobiana, entre outras. O objetivo deste estudo visou determinar e comparar o aporte nutricional e conteúdo de compostos bioativos, nomeadamente, fenólicos e flavonoides totais, no sentido de valorizar as cascas não edíveis de frutos para possíveis aplicações na indústria alimentar, farmacêutica e cosmética.

Na caracterização nutricional das cascas foram analisados os teores de humidade, cinzas, proteína, gordura e hidratos de carbono pelos métodos AOAC. Os teores de proteína variaram entre 2,0 e 9,1 g/ 100 g sendo as cascas de longan a amostra com teor mais elevado. O teor de gordura total nunca excedeu os 1,8 g/ 100 g nas três amostras estudadas e o teor de minerais das cascas de longan mostraram-se os mais elevados (9,1 g/ 100g). Os hidratos de carbono obtidos nas três 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 das cascas estudadas. No que toca aos compostos bioativos verificou-se que as cascas da lichia apresentam teores superiores de fenólicos e de flavonoides totais (1578,08 mg EAG/ g e 55,10 mg EC/ g, respetivamente), observando-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre todas as amostras, ou seja, cascas de lichia, rambutã e logan. O teor de fenólicos totais foram sempre superiores ao teor de flavonoides totais em todas as amostras, observando-se uma concordância com outros estudos idênticos e 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. No entanto, estudos mais detalhados serão necessários para tornar a utilização dos mesmos mais sustentável.

**Palavras-chave:** *Litchi chinensis*, *Dimocarpus longan*, *Nephelium lappaceum*, cascas, composição nutricional, compostos bioativos, sustentabilidade.

## ABSTRACT

Lychee (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutan (*Nephelium lappaceum*) are exotic fruits from Asia, being recently introduced in Europe. Although the world production of these fruits tends to increase, many by-products are wasted during industrial processing, including their non-edible peels. In addition to the recognized nutritional support, it is thought that phenolic compounds present in these byproducts are responsible for several activities, including antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, anti-glycemic, antimicrobial activities, among others. The aim of this study was to determine and compare the nutritional composition and total content of bioactive compounds, namely, phenolics and total flavonoids, in order to value the non-edible fruit peels for possible applications in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

In the nutritional characterization of the fruit peels, moisture, ash, protein, fat and carbohydrate contents were analyzed by AOAC methods. Protein contents varied between 2.0 and 9.1 g/ 100 g, with longan peels being the sample with the highest content. The total fat content never exceeded 1.8 g/ 100 g in the three studied samples and the mineral content of the longan peels was the highest (9.1 g/ 100 g). The carbohydrates obtained in the three samples, which include dietary fiber, varied between 76.8 and 83.3 g/ 100 g, having no effect in the total energy value of all studied peels. Regarding bioactive compounds, it was found that lychee peels present higher levels of total phenolics and flavonoids (1578.08 mg GAE/ g and 55.10 mg CE/ g, respectively), with significant differences ( $p < 0.05$ ) among all samples. The content of total phenolics was always higher than the content of total flavonoids in all samples, agreeing with other identical and published studies.

This study showed the high potential of non-edible peel fruits whose consumption has increased as active ingredients for different products, such as foods, pharmaceuticals or cosmetics. Nevertheless, more detailed studies are needed to make the use of this plant more sustainable.

**Keywords:** *Litchi chinensis*, *Dimocarpus longan*, *Nephelium lappaceum*, peels, nutritional composition, bioactive compounds, sustainability.

## RÉSUMÉ

Le litchi (*Litchi chinensis*), le longan (*Dimocarpus longan*) et le ramboutan (*Nephelium lappaceum*) sont des fruits exotiques d'Asie, récemment introduits en Europe. Bien que la production mondiale de ces fruits tende à augmenter, de nombreux sous-produits sont gaspillés lors de la transformation industrielle, notamment leurs coques non comestibles. En plus de l'apport nutritionnel reconnu, les composés phénoliques présents dans ces sous-produits sont responsables de plusieurs activités, notamment des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, anti-glycémiques et antimicrobiennes, entre autres. L'objectif de cette étude était de déterminer et de comparer la composition nutritionnelle et la teneur totale en composés bioactifs, à savoir les composés phénoliques et les flavonoïdes totaux, afin de valoriser les coques de fruits non comestibles pour d'éventuelles applications dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Pour la caractérisation nutritionnelle des coques de fruits, les teneurs en humidité, cendres, protéines, graisses et hydrates de carbone ont été analysés par les méthodes AOAC. Les teneurs en protéines variaient entre 2.0 et 9.1 g/100 g, les coques de longan étant l'échantillon présentant la teneur la plus élevée. La teneur totale en graisses n'a jamais dépassé 1.8 g/100 g dans les trois échantillons étudiés et la teneur en minéraux des coques de longan était la plus élevée (9.1 g/100 g). Les glucides obtenus dans les trois échantillons, qui incluent les fibres alimentaires, variaient entre 76.8 et 83.3 g/100 g, n'ayant aucun effet sur la valeur énergétique totale de toutes les coques étudiées. En ce qui concerne les composés bioactifs, il a été constaté que les coques de litchi présentent des niveaux plus élevés de composés phénoliques totaux et de flavonoïdes (1578.08 mg GAE/g et 55.10 mg CE/g, respectivement), avec des différences significatives ( $p < 0.05$ ) entre tous les échantillons. Le contenu des composés phénoliques totaux était toujours plus élevé que le contenu des flavonoïdes totaux dans tous les échantillons, en accord avec d'autres études identiques et publiées.

Cette étude a montré le potentiel élevé des coques non comestibles de fruits (dont la consommation a augmenté) comme ingrédients actifs pour différents produits, tels que les aliments, les produits pharmaceutiques ou les cosmétiques. Néanmoins, des études plus détaillées sont nécessaires pour rendre leur utilisation plus durable.

**Mots clés:** *Litchi chinensis*, *Dimocarpus longan*, *Nephelium lappaceum*, coques, composition nutritionnelle, composés bioactifs, durabilité.

## COMUNICAÇÕES

### **Comunicações escritas em forma de póster em encontros científicos nacionais:**

- **Ferchal, C., Sousa, C., Vinha, A.F. 2021.** Bioactive compounds and their potential use as ingredients for functional foods: nutritional globalization of exotic fruit peels. Poster In: XXIII Congresso Anual da APNEP – Globalização da Nutrição Clínica em Tempos de Pandemia. 28 e 29 maio, Acesso Virtual, Portugal.

### **Comunicações escritas em forma de póster em encontros científicos internacionais:**

- **Ferchal, C., Sousa, C., Vinha, A.F. 2021.** Agri-food wastes: Valorization of lychee (*Litchi chinensis*) peels. Poster In: 2<sup>nd</sup> International Congress of Health and Well-being Intervention (ICHWBI 2021) and 1<sup>st</sup> International Conference on Human Kinesiology (ICOHK). 28 e 29 de maio de 2021. Viseu, Portugal.

*« C'est parce que l'intuition est surhumaine qu'il faut la croire, c'est parce qu'elle est mystérieuse qu'il faut l'écouter, c'est parce qu'elle semble obscure qu'elle est lumineuse. »*

Victor Hugo

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Fernando Pessoa, no fornecimento das condições mais que as necessárias para um ensino de qualidade.

À minha orientadora, Professora Doutora Ana F. Vinha, pela constante disponibilidade, pela rapidez no esclarecimento de dúvidas, por todo o apoio, rigor, paciência, simpatia, correções, empenho. O meu profundo agradecimento.

À minha coorientadora, Professora Doutora Carla Sousa e Silva, pelo apoio e ajuda.

À minha mãe, Maryline, a minha irmã e meu irmão, Constance e Stanislas, por sua presença e apoio eterno.

A todos aqueles que cruzaram o meu caminho nestes cinco anos de estudos, o meu sincero obrigada.

## ÍNDICE

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
RÉSUMÉ .....	III
COMUNICAÇÕES .....	IV
AGRADECIMENTOS .....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABELAS .....	X
ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS.....	XI
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. DESENVOLVIMENTO.....	3
2.1. LICHIA ( <i>LITCHI CHINENSIS</i> ).....	3
2.1.1. Caraterização botânica da espécie.....	3
2.1.2. Propriedades nutricionais e químicas .....	4
2.1.3. Propriedades biológicas.....	6
2.2. LONGAN ( <i>DIMOCARPUS LONGAN</i> ) .....	9
2.2.1. Caraterização botânica da espécie.....	9
2.2.2. Propriedades nutricionais e químicas .....	10
2.2.3. Propriedades biológicas.....	11
2.3. RAMBUTÃ ( <i>NEPHELIUM LAPPACEUM</i> ).....	13
2.3.1. Caraterização botânica da espécie.....	13
2.3.2. Propriedades nutricionais e químicas .....	14
2.3.3. Propriedades biológicas.....	15
III. OBJETIVOS .....	17
3.1. Objetivos específicos.....	17
3.1.1. Determinação da composição nutricional das cascas dos três frutos estudados .....	17
3.1.2. Determinação da composição química, compostos não-nutrientes.....	17
IV. MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
4.1. Reagentes e padrões .....	18
4.2. Amostras.....	18
4.3. Análise centesimal.....	19

4.3.1. Determinação do teor de humidade.....	19
4.3.2. Determinação do teor de cinzas .....	19
4.3.3. Determinação do teor de gordura total .....	19
4.3.4. Determinação do teor de proteína total .....	20
4.3.5. Determinação do teor de hidratos de carbono .....	20
4.4. Compostos bioativos .....	21
4.4.1. Preparação dos extratos .....	21
4.4.2. Determinação do teor de fenólicos totais .....	21
4.4.3. Determinação do teor de flavonoides totais .....	21
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
VI. CONCLUSÃO .....	28
VII. BIBLIOGRAFIA .....	29
ANEXOS .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfologia do fruto lichia ( <i>Litchi chinensis</i> ).....	4
Figura 2. Morfologia do fruto longan ( <i>Dimocarpus longan</i> ).....	9
Figura 3. Morfologia do fruto rambutã ( <i>Nephelium lappaceum</i> ).....	13

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1. Nutrientes obtidos nas cascas dos três frutos em estudo .....	23
Tabela 2. Teor de fenólicos e de flavonoides totais .....	25

## **ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS**

AOAC: do inglês *Association of Official Analytical Chemists*

EC: equivalentes de catequina

EAG: equivalentes de ácido gálgico

FT: teor de fenólicos totais

RFC: Reagente de Folin-Ciocalteau

UE: União Europeia

USDA: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, do inglês *United States Department of Agriculture*

UV: ultravioleta

## I. 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 (Iriondo-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 pode e 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 aproveitado e acumulado 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 ((Ben-Othman *et al.*, 2020; 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 galacturônico), 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) permite que este subproduto apresente 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 em consideração o estudo de três frutas comumente consumidas no oriente, mas mundialmente em expansão: lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*), enfatizando a caracterização nutricional e química dos seus subprodutos (cascas), numa perspectiva de futuras aplicações, nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética.

Para cumprir os objetivos propostos, realizou-se, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre o tema, tendo-se efetuado uma pesquisa entre os meses de setembro de 2020 e janeiro de 2021, através das fontes de pesquisa científicas mais comuns, tais como, PubMed, ScienceDirect e b-On. Os critérios utilizados na seleção dos artigos resultantes da pesquisa científica foram: o interesse para o tema, limitando a pesquisa a artigos científicos e estudos escritos em inglês e português, com data de publicação de um período de 10 anos ou de anos anteriores se o conteúdo mostrasse relevância ou

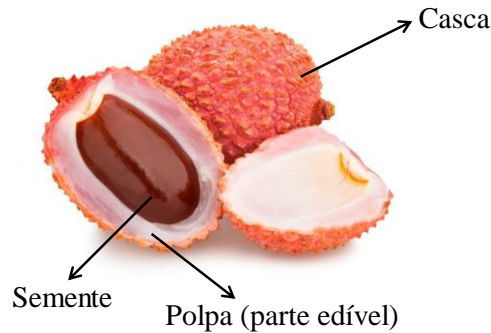
evidências experimentais acerca do tema. De uma maneira geral, algumas das palavras-chave utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram: subprodutos; resíduos agroindustriais; propriedades biológicas; compostos bioativos, lichia, longan, rambutã. A segunda parte do trabalho consistiu numa componente laboratorial, através de uma análise centesimal e química das cascas dos três frutos em estudo, contemplando o principal objetivo do trabalho proposto, ou seja, valorizar os sub-produtos não edíveis de frutos exóticos numa futura aplicação prática nas áreas alimentares, farmacêutica e cosmética.

## **II. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. Lichia (*Litchi chinensis*)**

#### **2.1.1. Caracterização botânica da espécie**

Lichia (*Litchi chinensis*) é uma fruta tropical nativa da China, pertencendo à família Sapindaceae (Renu e Shachi, 2017). A licheira é uma árvore arbustiva, ou seja, é uma planta de porte pequeno ou médio, que não necessita de grandes espaços para o seu bom desenvolvimento. Esta espécie botânica desenvolve-se, preferencialmente, em clima subtropical não tolerando temperaturas inferiores a 7°C. Em função da cultivar e das condições edafo-climáticas, cada panícula consegue emitir até 4000 flores, podendo ser masculinas, parcialmente masculinas ou parcialmente femininas (Wei *et al.*, 2013). No início do desenvolvimento, os frutos possuem coloração verde, contudo, mediante processo de maturação, a clorofila degrada-se com a consequente síntese de antocianinas (flavonoides), originando a coloração avermelhada característica dos frutos. Assim, quando os frutos atingem o estado de maturação fisiológica, além da coloração, os frutos apresentam uma forma arredondada, contendo uma única semente alongada no interior da polpa translúcida, suculenta, de sabor adocicado e muito nutritiva (Figura 1) (Zhao *et al.*, 2020).



**Figura 1.** Morfologia do fruto lichia (*Litchi chinensis*).

No que toca à produção deste fruto, sabe-se que o considerável retorno económico obtido pela comercialização de lichias é relevante para determinados países. Os principais produtores são China, Israel, Austrália, Tailândia, Taiwan, Índia, Vietnam, México, Madagáscar, África do Sul e Ilhas Maurícias (Jahiel *et al.*, 2014; Olesen *et al.*, 2013). A produção global de frutas tropicais tem vindo a aumentar nas últimas décadas, predominantemente em resposta ao aumento da procura e consequente consumo mundial. 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 (2017), 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-económicas 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).

### **2.1.2. Propriedades nutricionais e químicas**

A lichia é uma fruta tropical a subtropical amplamente cultivada em mais de 20 países em todo o mundo. Normalmente consumida *in natura* ou processada, esta tornou-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 no tratamento de algumas doenças, em particular na medicina tradicional chinesa devido às suas atividades biológicas. 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 climatéricas, incluindo-se humidade, exposição à radiação solar, condições do solo, pluviosidade, entre outras (Vinha *et al.*, 2013; Wall, 2006). 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; UE, 2011; Wall, 2006). No que toca aos teores de proteína e de lípidos, este fruto apresenta valores significativamente baixos, contudo, os micronutrientes são descritos por diversos autores, principalmente vitaminas C e do complexo B, e minerais como manganês, magnésio, cobre, ferro, fósforo, potássio, selénio e cálcio (Prakash *et al.*, 2017; Reyes *et al.*, 2016; Sivakumar *et al.*, 2008; Wall, 2006). 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 exhibe efeitos antioxidantes, diuréticos e anti-obesidade (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 nutraceuticos (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), embora não seja edível, é uma parte importante da fruta que pode ser considerada uma fonte natural rica em compostos biologicamente ativos (Ibrahim e Mohamed, 2015). O pericarpo contém flavonoides e antocianinas, incluindo-se proantocianidina B2, proantocianidina B4, quercetina-3-rutinósido, quercetina-3-glucósido, epicatequina, e cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido e malvidina-3-glucósido, respetivamente (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.

Os alimentos funcionais ou formas farmacêuticas que apresentam na sua composição fitoesteróis estão diretamente relacionados com a prevenção e/ou redução de sintomas de doenças relacionadas com o stresse oxidativo (Kilari e Putta, 2016). O uso deste tipo de compostos é mais frequente para o tratamento de dislipidemias, baixando os níveis séricos de colesterol. As cascas da lichia contêm teores consideráveis de estigmasterol, o que incentiva o uso destas cascas, tanto para o desenvolvimento de produtos alimentares como farmacêuticos, como por exemplo, em associação com as estatinas em fármacos hipocolesterolemiantes (Upadhyaya e Upadhyaya, 2017).

### **2.1.3. Propriedades biológicas**

Nos últimos anos, a medicina começou a dar particular atenção à alimentação funcional, que apresenta uma função adicional e relacionada com a promoção da saúde através da prevenção de doenças. Uma vez que é bem conhecido que determinados fatores dietéticos e estilo de vida cotidiano podem promover o desenvolvimento de certas patologias, como as neoplasias, a comunidade científica tem vindo a intensificar, cada vez mais, a relação

entre os fitoquímicos e as suas funções biológicas. A medicina tradicional chinesa utiliza todas as partes da lichia (polpa, casca e semente) no tratamento de algumas perturbações ou doenças, tais como úlceras, perturbações intestinais, tumores, diarreia, problemas de pele, tratamento da flatulência, tosse e até diabetes (Ibrahim e Mohamed, 2015).

Atualmente, as diferentes partes que compõe o fruto podem ser utilizadas de formas diferentes, incluindo-se a extração e nanoencapsulação de compostos bioativos com propriedades farmacológicas reconhecidas (Yang *et al.*, 2020).

A lichia tem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antineoplásicas, imunomoduladoras, antidiabéticas, hipoglicémicas, hepatoprotetoras, hipolipidémicas, antiateroscleróticas, neuroprotetoras, antimicrobianas e antienvhecimento (Zhao *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2019; Srivastava *et al.*, 2018; Emanuele *et al.*, 2017; Lourith *et al.*, 2017; Varjani e Patel, 2017; Kilari e Putta, 2016; Taak e Koul, 2016; Ibrahim e Mohamed, 2015; Queiroz *et al.*, 2015; Kanlayavattanakul *et al.*, 2012; Li e Jiang, 2007).

As propriedades antioxidantes são fornecidas por ácido ascórbico (ou vitamina C) e compostos fenólicos, ou seja, flavonoides e ácidos fenólicos, contidos na casca e na polpa do fruto. As antocianidinas e os flavanois (flavan-3-ols) presentes tornam possível a complexação com o ácido ascórbico, evitando a sua oxidação e, conseqüentemente, a sua perda de atividade (Li e Jiang, 2007). Os polissacáridos presentes na polpa e na casca exercem atividade antioxidante (Yang *et al.*, 2020). Todos estes compostos ajudam a sequestrar os radicais livres presentes e a reduzir o seu impacto negativo nas células do corpo, reduzindo assim o stresse oxidativo. Estas espécies reativas de oxigénio e de azoto são responsáveis por danos irreversíveis nas proteínas, lípidos e material genético, promovendo modificações celulares que podem, a longo prazo, alterar permanentemente as células e originar o aparecimento de doenças crónicas, tais como doenças cardiovasculares, cancros, processos inflamatórios, entre outros (Zhao *et al.*, 2020; Varjani e Patel, 2017; Kanlayavattanakul *et al.*, 2012). As propriedades anti-inflamatórias são ativadas pelas antocianinas e flavanois, bem como pela rutina (quercetina-3-rutinósido) (Li e Jiang, 2007). As antocianinas descritas no pericarpo da lichia (cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido e malvidina-3-glucósido) inibem a peroxidação do ácido linoleico, ligando-se aos iões ferro, radicais hidroxilo e aniões superóxido (Lyu *et al.*, 2019; Gong *et al.*, 2018; Kilari e Putta, 2016; Taak e Koul, 2016). As propriedades antineoplásicas são descritas pela presença da epicatequina, proantocianidina B2,

proantocianidina B4, rutina e antocianidinas que apresentam uma forte atividade de prevenção do cancro da mama, bem como uma atividade inibitória da proliferação de células carcinogénicas *in vitro* e inibição do recetor estrogénico (Zhu *et al.*, 2019; Varjani e Patel, 2017; Kilari e Putta, 2016; Ibrahim e Mohamed, 2015).

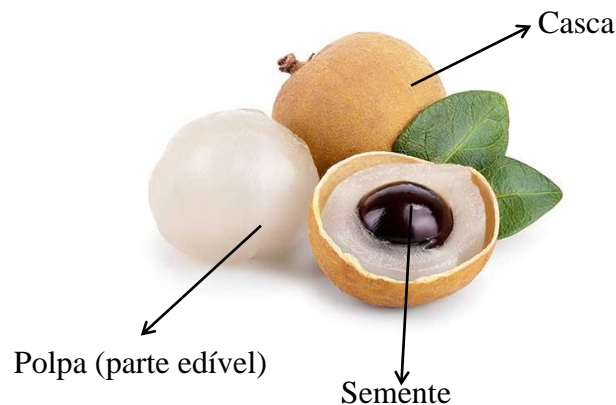
As propriedades imunomoduladoras estão presentes na casca e na polpa da litchia, sob a forma de flavonoides e polissacáridos. Crê-se que a imunomodulação seja possibilitada pela proliferação de células imunitárias do baço (esplenócitos) e pela melhoria da citotoxicidade das células “exterminadoras” (NK), produzindo mais fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e aumentando a atividade fagocitária dos macrófagos. A ação dos flavonoides, presentes no epicarpo do fruto, também aumenta a proliferação de esplenócitos (Zhao *et al.*, 2020; Emanuele *et al.*, 2017). As propriedades hepatoprotetoras estão relacionadas com os polifenóis presentes na polpa, mas especialmente devido aos elevados teores de procianidina A2 encontrados na casca e cujo efeito é mais relevante (Zhu *et al.*, 2019). Segundo diversos autores, a atividade hepatoprotetora é amplificada pela atividade antioxidante dos compostos bioativos (Srivastava *et al.*, 2018; Kilari e Putta, 2016). As propriedades anti-ateroscleróticas estão relacionadas com a presença de polifenóis, particularmente com as proantocianidinas, descritas na casca do fruto (Zhao *et al.*, 2020). No que toca à atividade antimicrobiana, alguns estudos reportam esta atividade devido à presença de compostos fenólicos não-flavonoides presentes no epicarpo. Um estudo realizado por Kilari e Putta (2016), em extratos aquosos da casca do fruto, demonstra atividade antimicrobiana contra *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, e *Candida albicans*.

As propriedades antienvhecimento também foram descritas no epicarpo do fruto, observando-se atividade protetora contra os raios ultravioleta (UV), sugerindo o uso deste subproduto em tratamentos contra a hiperpigmentação cutânea (Lourith *et al.*, 2017). Segundo Kanlayavattanakul *et al.* (2012), os compostos fenólicos presentes na casca da litchia apresentam um efeito inibidor sobre a elastase e a colagenase, enzimas que degradam os componentes cutâneos (elastina e colagénio). Os extratos de cascas de litchia também aumentaram a proliferação de fibroblastos, importantes para a renovação celular (Lourith *et al.*, 2017; Kanlayavattanakul *et al.*, 2012).

## 2.2. Longan (*Dimocarpus longan*)

### 2.2.1. Caracterização botânica da espécie

O longan (*Dimocarpus longan*) é uma espécie botânica conhecida na Ásia. Habitualmente, esta espécie botânica desenvolve-se em países tropicais e subtropicais, sendo comercialmente cultivada na Tailândia, China, Florida e Vietnam (Huang *et al.*, 2005). O longan, também conhecido como "olho de dragão", insere-se na família Sapindaceae, possuindo cerca de 200 géneros e mais de 2000 espécies. O género *Dimocarpus* possui seis espécies encontradas na Ásia (*Dimocarpus longan*, *Dimocarpus dentatus*, *Dimocarpus gardneri*, *Dimocarpus foveolatus* e *Dimocarpus fumatus*) e uma na Austrália (*Dimocarpus australianus*) (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2019). A nível morfológico, esta árvore subtropical apresenta um elevado porte (15 a 18 metros), com folhas pequenas, compostas por dois a cinco pares de folíolos lanceolados. As flores pequenas, originam cachos de frutos. Existem, em média, cerca de 30 frutos por cacho (Mishra *et al.*, 2018). Os frutos crescem em cachos, apresentando uma casca fina, quebradiça e áspera, de coloração castanha-amarelada pálida e cuja polpa se assemelha, em termos organoléticos, à polpa da lichia (Figura 2).



**Figura 2.** Morfologia do fruto longan (*Dimocarpus longan*).

A produção mundial média deste fruto ronda os 3,6 milhões de toneladas por ano, (Altendorf, 2018). Os maiores produtores são a China (60% da produção mundial), Tailândia (30 a 40% da produção mundial), Vietname (10 a 15% da produção mundial),

seguindo-se Taiwan, Austrália e Florida, em menor escala (Rakariyatham *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020). Existem registros de outros países produtores, como a Índia, Sri Lanka e Birmânia, mas cuja produção não é comercializável (Menzel *et al.*, 2005). Segundo Hau e Hieu (2019), a produção deste fruto no Vietnã está a aumentar, tendo-se registado 541.000 toneladas em 2018. Na verdade, o mercado de exportação deste fruto está em franca expansão, uma vez que o Vietnã exporta para a Austrália, Estados Unidos, Singapura, Coreia, Malásia, Japão e Europa. Até à data, a exportação para a Europa tem sido escassa, devido ao elevado grau de perecibilidade do fruto. Contudo, Espanha é, atualmente, o principal produtor europeu de longans (Durá, 2020).

As frutas longan são geralmente consumidas frescas, contudo, também podem sofrer processamento industrial, sendo possível adquiri-las congeladas, em conserva ou desidratadas. Tal com as lichias, os longan também são utilizados na medicina tradicional chinesa, no tratamento de distúrbios gástricos e perturbações do sono (Mishra *et al.*, 2018). A presença de diversos nutrientes e compostos bioativos na polpa e casca deste fruto, referenciam-no com propriedades anti hiperglicémicas, imunomoduladoras, anti-inflamatórias, antioxidantes e antineoplásicas (Khan *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2015). As sementes, enquanto subproduto, são utilizadas na indústria cosmética, no fabrico de champôs devido ao elevado teor de saponinas que as mesmas contêm (Park *et al.*, 2010).

### **2.2.2. Propriedades nutricionais e químicas**

Os longans são consumidos há milhares de anos devido às suas características organolépticas, nutricionais e propriedades biológicas reconhecidas. A polpa é rica em água (~83%), fibra (~1%) e hidratos de carbono (Zhang *et al.*, 2020). O teor proteico e lipídico é extremamente baixo, sendo o seu valor energético médio total de 60 Kcal/100 g (USDA, 2019). No que toca ao teor em micronutrientes, este fruto contém vitaminas do complexo B (B1, B2, B3) e vitamina C (Zhang *et al.*, 2020; Bai *et al.*, 2019; Shahrajabian, *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2011) e minerais (ferro, potássio e cálcio) (Zhang *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2011). Alguns autores reportam este fruto como fonte exógena de seis aminoácidos essenciais (leucina, lisina, fenilalanina, valina, metionina, isoleucina) (Zhang *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2018).

Relativamente à composição química, de entre os muitos compostos bioativos descritos, os polissacáridos presentes na polpa e casca deste fruto desempenham um papel importante no organismo vivo e amplamente envolvidos na defesa imune celular, adesão celular, diferenciação e proliferação celular (Li *et al.*, 2009).

Longan é rico em compostos bioativos, incluindo-se ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides e carotenoides (Wang *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020; Shahrabian *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2012; Dembitsky *et al.*, 2011). Os compostos polifenólicos são abundantes no pericarpo e nas sementes deste fruto, apresentando maior atividade antioxidante do que a polpa (Chen *et al.*, 2015; He *et al.*, 2009). Zhang *et al.* (2018) descreveram o 4-meticatecol, ácido clorogénico, ácido vanílico e ácido gálgico como os principais polifenóis encontrados na polpa de 24 variedades de longan. O pericarpo do fruto, também estudado, contém ácido cumárico, ácido vanílico, ácido gálgico juntamente com os seus ésteres, ácido protocatecuico, taninos (corilagina), cumarinas (escopoletina) (Bai *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2015). Entre os flavonoides, rutina, quercetina, epicatequina e canferol foram os mais citados (Bai *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2007). Segundo Tang *et al.* (2019) e Liu *et al.* (2014), o teor de flavonoides presentes na casca do fruto é significativamente superior aos valores encontrados na polpa e semente do mesmo. Assim, face ao supracitado, o epicarpo torna-se um subproduto com elevado potencial de utilização nas diferentes áreas da saúde.

### **2.2.3. Propriedades biológicas**

A medicina tradicional chinesa utiliza a polpa do longan como antipirético, desparasitante, antídoto para venenos, enquanto a polpa desidratada é, comumente, utilizada no tratamento de hemorragias, hérnias, sarna, eczema, entre outros (Tang *et al.*, 2019; Rangkadilok *et al.*, 2005). O fruto, bem como a sua casca, após maceração, podem ser usados para o tratamento de dores neuropáticas, doenças cardiovasculares, insónias e problemas de concentração e memória (Zhu *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2011). Vários autores reportam a importância deste fruto pelas suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-hiperglicémicas e anti-diabéticas, antinociceptivas e depressoras do sistema nervoso central, antidiarreicas, antineoplásicas e antimicrobianas (Rakariyatham *et al.*, 2020; Rakariyatham *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2011). Também foi relatado que alguns oligossacáridos naturais existentes nas diferentes frações do fruto (polpa, casca e

semente) exercem função imunomoduladora (Ferreira *et al.*, 2015). Por exemplo, o hidrato de carbono ativo Arabinose:Manose:Glucose:Galactose, (1→4)- $\beta$ -Glucose e (1→6)- $\beta$ -Manose mostrou forte efeito na ativação da fagocitose de macrófagos, bem como na proliferação de linfócitos associados ao recetor do fator de necrose tumoral (Ferreira *et al.*, 2015). Zhu *et al.* (2013) descreveram o efeito positivo de um polissacárido contra células epiteliais do fígado, provavelmente devido ao comportamento imunomodulador de (1→6)- $\alpha$ -D-glucana, contudo, mostrou efeito negativo contra células neoplásicas da mama. Porém, Jeff *et al.* (2013) confirmaram a atividade antineoplásica de novos polissacáridos neutros [(1→3)- $\beta$ -D-glucana e (1→6)- $\beta$ -D-glucana] (Jeff *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2013). A corilagina, por outro lado, apresenta atividade citotóxica contra células malignas dos ovários (Bai *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2011).

As propriedades antioxidantes descritas neste fruto resultam da presença de elevados teores de vitamina C, proantocianidinas, ácidos fenólicos e taninos presentes na casca (Bai *et al.*, 2019; Fu *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2014; Pan *et al.*, 2008; Rangkadilok *et al.*, 2005). A atividade antioxidante da casca mostrou-se maior que a da polpa (Dembitsky *et al.*, 2011), a qual está diretamente relacionada com as propriedades anti-inflamatórias, bem como com a redução ou supressão do óxido nítrico, e com o TNF- $\alpha$  (Shahrajabian *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2012).

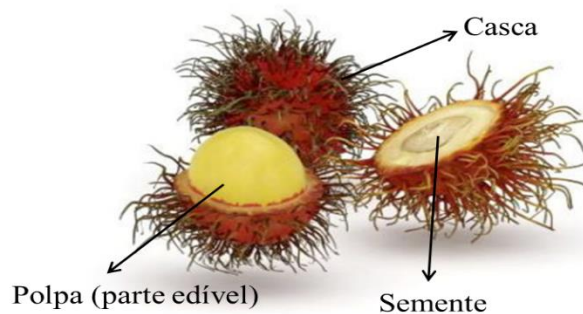
Também existem relatos entre a relação do teor de polifenóis presentes na casca com a regulação dos níveis de glicemia (Zhang *et al.*, 2020). Alguns estudos reportam que os extratos da casca de longan inibem a atividade da  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glucosidase, enzimas que normalmente hidrolisam hidratos de carbono complexos e, conseqüentemente, aumentam os níveis de glicose na corrente sanguínea (Rakariyatham *et al.*, 2020; Tang *et al.*, 2019).

Segundo Rakariyatham *et al.* (2020), os polissacáridos ativos presentes na casca do fruto inibem a tirosinase, uma enzima que desempenha um papel importante na produção de melanina, podendo ser utilizados em tratamentos dermatológicos, como a hiperpigmentação da pele, ou em cosméticos para prevenir o cancro da pele.

## 2.3. Rambutã (*Nephelium lappaceum*)

### 2.3.1. Caracterização botânica da espécie

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 Vietnam). 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). Os frutos crescem em cachos contendo, em média, 15 a 20 frutos (Chakraborty *et al.*, 2015), podendo ser colhidos quando atingem coloração amarela ou vermelha, dependendo da variedade em questão. Morfologicamente, apresentam uma forma oval com casca espessa coberta de espinhos suaves de cor verde, amarela ou vermelha, mediante o seu índice de maturação (Figura 3).



**Figura 3.** Morfologia do fruto rambutã (*Nephelium lappaceum*).

Vinte espécies são encontradas na Malásia, das quais 10 espécies 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 económica 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 sua polpa é carnuda, branca, translúcida, suculenta e muitas vezes ligada ao núcleo castanho comestível (semente). Em termos de sabor,

assemelha-se ao da lichia, embora menos doce e perfumado e mais ácido (Mahmood *et al.*, 2018b).

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. Na verdade, uma árvore pode render quase 60-70 kg de frutas, e um pomar maduro pode produzir até 20 toneladas por hectare (Morton, 1987). A maioria dos frutos são cultivados na Malásia, Tailândia e Indonésia e, em menor escala, na Índia, Austrália, África do Sul, Madagáscar, Colômbia, México, Costa Rica e Panamá (Monrroy *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Mahmood *et al.*, 2018a). A fruta é geralmente consumida fresca, ou sob a forma de conservas, sumos, geleias e compotas (Bhat, 2019; Mahmood *et al.*, 2018a; Dembitsky *et al.*, 2011). No entanto, a indústria alimentar produz uma quantidade significativa de subprodutos (casca e semente), que geralmente são descartados como resíduos.

A Indonésia é o maior produtor e exportador mundial (Altendorf, 2018; Muhamed e Kurien, 2018), seguindo-se a Tailândia e Malásia. Os países da América Central exportam para países fronteiriços, como Estados Unidos, enquanto a Austrália promove o consumo interno nos mercados locais do Queensland e Northern Territory. A grande maioria das variedades importadas pela Europa provêm da Tailândia, Malásia, Filipinas, Indonésia e Vietname (Chakraborty *et al.*, 2015).

### **2.3.2. Propriedades nutricionais e químicas**

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 organoléticas 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 gálgico, 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 tenha sido tradicionalmente usada na terapia contra diarreia e disenteria na Malásia e na China, 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), embora as condições de extração (e.g. natureza do solvente, temperatura e tempo de extração) possam influenciar a rentabilidade da extração e, conseqüentemente, a concentração dos mesmos (Nhat Minh Phuong *et al.*, 2020).

### **2.3.3. Propriedades biológicas**

Nas últimas décadas, a investigação tem vindo a enfatizar a importância dos compostos bioativos presentes em subprodutos e materiais vegetais não edíveis, numa tentativa de reaproveitamento desses recursos em diversas aplicações na área da saúde. O rambutã é utilizado na medicina tradicional no tratamento da diabetes e regulação da tensão arterial (Bhat, 2019). Alguns autores reportam a sua utilização no tratamento de estados febris, disenteria e diarreia, dispepsia, e antiobesidade (Bhat, 2019; Mahmood *et al.*, 2018b; Sekar *et al.*, 2014). Na verdade, a casca do rambutã apresenta muitas propriedades biológicas, tais como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, anti-hiperglicémica e antidiabética, e antineoplásica (Rakariyatham *et al.*, 2020).

A atividade antioxidante varia de acordo com a variedade do fruto e estado de maturação, mas a presença de taninos, como ácido elágico, corilagina e, principalmente, geraniina, exerce uma ação antioxidante quatro vezes superior à do ácido ascórbico (Cheng *et al.*, 2016). Os ácidos fenólicos e flavonoides identificados, tanto na polpa como nos subprodutos (casca e semente), também são excelentes antioxidantes (Monrroy *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Mahmood *et al.*, 2018b; Rohman *et al.*, 2016; Fidrianny *et al.*, 2015; Dembitsky *et al.*, 2011). As antocianinas são responsáveis pelo escurecimento da casca após a colheita, mas são também compostos antioxidantes (Sun *et al.*, 2011). Esta atividade biológica permite valorizar o fruto e, conseqüentemente, o reaproveitamento dos subprodutos resultantes como ingredientes de suplementos alimentares e cosméticos (Boyano-Orozco *et al.*, 2020; Muhtadi *et al.*, 2017).

A atividade antibacteriana também foi descrita, através do uso de extratos da casca (Bhat, 2019). Os extratos metanólicos exerceram inibição de *Vibrio cholera*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus mutans* (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*, 2018; Sekar *et al.*, 2014; Dembitsky *et al.*, 2011).

A atividade preventiva contra neoplasias deve-se, principalmente, à presença de geraniina. De facto, este composto apresenta atividade contra células malignas do osteossarcoma, da mama e do colo do útero (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*, 2018). Tendo em conta estes efeitos, dever-se-á considerar futuras explorações clínicas para utilizar a geraniina como tratamento preventivo e de tratamento de certos carcinomas (Cheng *et al.*, 2016).

A atividade anti-inflamatória está intimamente relacionada com a atividade antioxidante dos compostos fenólicos, tendo sido descrito que os extratos da casca apresentam efeito inibidor sobre a TNF- $\alpha$ , um fator que estimula a libertação de citocinas pró-inflamatórias que levam à amplificação da reação inflamatória (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019). A atividade anti-hiperglicémica e antidiabética deve-se há presença da geraniina, a qual inibe a  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glucosidase mas também a aldose redutase permitindo assim uma redução dos níveis de glicose sérica (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*,

2018; Dembitsky *et al.*, 2011). Alguns autores referiram ainda atividade antiviral exercida pela geraniina, sobre o vírus do dengue tipo 2 (DENV-2), inibindo a ligação do vírus às células (Hernández-Hernández *et al.*, 2019).

### **III. OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho teve como fundamento principal valorizar as cascas de três frutas exóticas, em franca expansão mundial, nomeadamente lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*), realizando-se ensaios *in vitro* no estudo da caracterização nutricional e química, para alcançar os objetivos específicos mencionados a seguir.

#### **3.1. Objetivos específicos**

##### **3.1.1. Determinação da composição nutricional das cascas dos três frutos estudados**

- Determinação do teor de humidade
- Determinação do teor de cinzas
- Determinação do teor de gordura total
- Determinação do teor de proteínas
- Determinação do teor de hidratos de carbono

##### **3.1.2. Determinação da composição química, compostos não-nutrientes**

- Preparação dos extratos hidroalcoólicos
- Determinação do teor de fenólicos totais
- Determinação do teor de flavonoides totais

## IV. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Reagentes e padrões

Todos os reagentes utilizados eram de grau analítico.

- **Proteínas totais:** pastilhas catalisadoras Kjeldahl ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  /  $\text{CuSO}_4$ ) e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado 96% da Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA); hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) da VWR International (Leuven, Bélgica); ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) da Panreac (Barcelona, Espanha).
- **Gordura total:** sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) da Merck (Darmstadt, Alemanha); éter de petróleo da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA).
- **Extração dos compostos bioativos:** etanol absoluto da Fisher Chemical (Loughborough, Inglaterra).
- **Fenólicos totais:** carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e ácido gálico ( $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COOH}$ ) da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); reagente de Folin-Ciocalteu da Merck (Darmstadt, Alemanha).
- **Flavonoides totais:** catequina ( $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$ ) e nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ ) da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ) da Panreac (Barcelona, Espanha); hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) da VWR International (Leuven, Bélgica).

### 4.2. Amostras

Neste estudo foram analisadas 3 espécies de frutos: lichia, longan 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 amostras distintas. 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.

### **4.3. 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 análises da AOAC (2012).

#### **4.3.1. 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.

#### **4.3.2. 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.

#### **4.3.3. 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 recuperação do solvente por evaporação e, por fim, em estufa a 100 °C, durante períodos de 30 minutos. Os balões foram arrefecidos num exsiccador e pesados até obtenção de massa constante. As análises foram feitas em triplicado e os resultados apresentados em g/ 100 g de amostra em peso seco.

#### **4.3.4. 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 recolhida em 60 mL de ácido bórico (4%, pH 4,5). Posteriormente, efetuou-se uma titulação, utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (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.

#### **4.3.5. 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:

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

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

## **4.4. Compostos bioativos**

### **4.4.1. Preparação dos extratos**

A avaliação dos compostos bioativos (fenólicos totais e flavonoides totais) foi determinada em extratos hidroalcoólicos. Para estes 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 N<sup>o</sup>. 1 e congelados a -25 °C para posterior análise. Os extratos foram realizados em triplicado.

### **4.4.2. 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). Resumidamente, foram colocados 500 µL de extrato, branco ou padrão (solução de ácido gálgico, 1000 ppm), aos quais foram adicionados adicionaram 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 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 GENS5, EUA). A correlação entre a absorvência da amostra e a concentração do padrão (ácido gálgico) foi obtida através de uma reta de calibração (gama de linearidade: 0 - 100 mg/ L, R<sup>2</sup>= 0,9992) efetuada aquando das determinações. O teor de FT foi expresso em mg de equivalentes de ácido gálgico (EAG)/ g de amostra.

### **4.4.3. 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 (NaNO<sub>2</sub>, 5%).

Após 5 min adicionaram-se 300 µL de cloreto de alumínio ( $\text{AgCl}_3$ , 10%), deixando reagir durante 1 min. Por fim, adicionaram-se 2 mL de uma solução de hidróxido de sódio (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 GEN55, 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.

## V. 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 aumentar o consumo de alimentos atualmente não edíveis, muitas vezes desperdiçados pelas indústrias alimentares, 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 três frutos estudados tornou-se, assim, essencial para a valorização do seu consumo e possíveis aplicações a nível industrial.

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

**Tabela 1.** Nutrientes obtidos nas cascas dos três frutos em estudo (lichia, longan e rambutã), expressos em g/100 g de peso seco.

<b>Composição nutricional</b>	<b>Lichia</b>	<b>Longan</b>	<b>Rambutã</b>
Cinzas	2,5 ± 0,9	7,2 ± 0,2	4,50 ± 0,9
Gordura	1,8 ± 0,6	1,0 ± 0,2	1,20 ± 0,4
Proteína	2,0 ± 0,7	9,1 ± 0,8	7,41 ± 0,07
Hidratos de carbono	76,8 ± 1,0	80,2 ± 0,6	83,3 ± 0,3
Valor energético	331,4 Kcal/ 100 g 1386,6 KJ	366,2 Kcal/ 100 g 1532,2 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.

Pela análise dos resultados obtidos (Tabela 1) verificaram-se diferenças significativas em alguns dos parâmetros avaliados. A casca de longan apresentou teores mais elevados de proteína (9,1 g/ 100 g) e de cinzas (7,2 g/ 100 g). No entanto, os teores de gordura obtidos nas cascas das três 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. Em relação à composição em cinzas, os teores foram diminuindo, pela ordem: longan > rambutã > lichia, exibindo-se diferenças significativas entre eles. 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 encontrados nas cascas dos três frutos estudados mostra-se concordante com os reportados noutros estudos. Por exemplo Rakariyatham *et al.* (2020) reportaram teores de cinzas de 5,7 e 3,1% nas cascas de longan e rambutã, respetivamente, enquanto Queiroz *et al.* (2018) descreveram 3,3% de cinzas 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 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). As proteínas são constituintes importantes dos alimentos, e contribuem de várias formas para o organismo humano. Têm um papel biológico importante, exercendo funções a nível estrutural, enzimático, hormonal, energético e de defesa, entre outros. Pela análise dos resultados, verificou-se uma variação significativa entre as três amostras, sendo a casca de longan o subproduto

com maiores teores de proteína total (9,1%). 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, na 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.

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. De facto, inicialmente efetuou-se o cálculo das fibras das cascas de lichia (~20%), mas não foram realizados os ensaios dos outros dois frutos. Contudo, segundo Rakariyatham *et al.* (2020) o teor de fibras presentes nas cascas de longan e de rambutã rondam os 33% e 53%, respetivamente, 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 três 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 longan e 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).

Mediante o aporte nutricional obtido nas 3 espécies de cascas estudadas, poder-se-á dizer que todas elas são fontes naturais ricas em macronutrientes, tornando-se direccionáveis para aplicações industriais diversificadas, incluindo-se as áreas alimentar, farmacêutica e cosmética. 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 longan e 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 dos mesmos frutos. De facto, como estes materiais vegetais contêm um número significativo de compostos fenólicos, estes tornam-se relacionados com ampla gama de atividades biológicas. Em relação às informações atualizadas e disponíveis, a maioria dos estudos utilizaram extratos vegetais de cascas de lichia, longan e rambutã para demonstrar os efeitos sinérgicos dos fitoquímicos nas atividades biológicas, tais como atividades antioxidante, antimicrobiana, antitirosinase, antineoplásica, anti-inflamatória, anti-hiperglicémica e antidiabética (Rakariyatham *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2020; Emanuele *et al.*, 2017).

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 três frutas em estudo.

	Fenólicos totais (mg EAG/ g)	Flavonoides totais (mg EC/ g)
<b>Lichia</b>	1578 ± 4	55,1 ± 0,9
<b>Longan</b>	109,5 ± 0,1	27,6 ± 1,6
<b>Rambutã</b>	649 ± 1	49,6 ± 3

Os valores são expressos através da média ± desvio padrão (n=3)

Pela análise dos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que as cascas de lichia contêm maiores teores de compostos bioativos, seguidas das de rambutã, observando-se uma diferença significativa entre as duas. Também foi observado em todas as amostras uma superioridade no teor de fenólicos, em detrimento dos flavonoides. O teor de fenólicos totais presentes nas cascas de lichia (1578,08 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 edafoclimáticas, 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 polifenoloxidasas, as quais produzem produtos de oxidação dos fenóis promovendo o aumento da intensidade da cor da solução e, conseqüentemente, um sinal analítico superior. A casca de rambutã apresentou teores consideráveis de fenólicos totais, significativamente inferiores aos obtidos na casca de lichia, mas superiores aos teores encontrados nas cascas de longan. 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. Uma vez mais, e pela discordância dos resultados, verifica-se que a natureza do solvente interfere na extração e quantificação dos compostos bioativos. 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. No que toca às cascas de longan, o teor de fenólicos totais foi o mais baixo quando comparado com os outros frutos estudados (109,53 mg EAG/ g). Contudo, os valores mostram-se concordantes com outros estudos similares (Begam *et al.*, 2020; Rakariyatham *et al.*, 2020).

Relativamente ao teor de flavonoides totais, a ordem quantitativa mostrou-se coerente com os valores obtidos para os fenólicos totais (lichia > rambutã > longan). 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 conseqüente 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), os quais 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 concentram-se mais nas partes não comestíveis (subprodutos). Por exemplo, o teor de flavonoides totais obtidos nas sementes, cascas e polpa de doze variedades de longan, variaram entre 30,9-63,0; 21,6-55,6 e 1,7 - 6,5 mg EC/g, respectivamente (He *et al.*, 2009). Soong e Barlow (2004) também demonstraram maior conteúdo fenólico em extratos hidroalcoólicos da semente e da polpa de longan (62,6 mg EAG /g e 1,6 mg EAG /g, respectivamente). Um estudo semelhante realizado em duas cultivares de rambutã mostrou que a casca da fruta continha quantidades muito superiores de fenólicos e flavonoides totais às das sementes e polpas (Thitilertdecha, 2010). Na verdade, os subprodutos das frutas longan e do rambutã são ricos em fitoquímicos cujas concentrações variam de acordo com a cultivar e, em particular, com os seus índices de maturação (Mistriyani *et al.*, 2017).

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, longan e rambutã. Estas propriedades impulsionam futuras aplicações em alimentos e produtos relacionados com a saúde.

## **VI. CONCLUSÃO**

O trabalho realizado teve como fundamento a valorização das cascas de frutas exóticas em franca expansão no mercado mundial (lichia, longan 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 desenvolvimento na produção e utilização destes subprodutos como ingredientes funcionais, nutracêuticos e/ou cosmecêuticos. Os teores de compostos bioativos também enfatizaram a importância da valorização futura destes subprodutos alimentares. Dos três 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.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Hernandez, M. G., Sanchez-Bravo, P., Hernandez, F., Carbonell-Barrachina, A. A., Pastor-Perez, J. J. and Legua, P. (2020). Determination of the volatile profile of lemon peel oils as affected by rootstock. *Foods*, 9, pp.1-9.
- Altendorf, S. (2018). Minor tropical fruits : Mainstreaming a niche market *In: Food Outlook - Biannual report on global food markets* FAO. pp.67-75.
- Anjum, J., Lone, R. and Wani, K. A. (2017). Lychee (*Litchi chinensis*): Biochemistry, Panacea, and Nutritional Value. *In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. Lychee Disease Management* India. pp.237-256.
- 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. and Alzahrani, A. H. (2018). Supplementation with oligonol, prevents weight gain and improves lipid profile in overweight and obese saudi females. *Current Nutrition and Food Science*, 14, pp.164-170.
- Bai, X., Pan, R., Li, M., Li, X. and Zhang, H. (2019). HPLC profile of longan (cv. Shixia) pericarp-sourced phenolics and their antioxidant and cytotoxic effects. *Molecules*, 24, pp.1-9.
- Begam, A., John, S., Monica, S., Priyadarshini, S., Sivaraj, C. and Arumugam, P. (2020). In vitro antioxidant activity and GC-MS analysis of peel and pulp extracts of *Dimocarpus Longan*. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 9, pp.1269-1283.
- Ben-Othman, S., Joudu, I. and Bhat, R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, 25, pp.1-34.
- Bhat, R. (2019). Bioactive compounds of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). *In: Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*, pp.1-12.

Bhoopat, L., Srichairatanakool, S., Kanjanapothi, D., Taesotikul, T., Thananchai, H. and Bhoopat, T. (2011). Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 136, pp.55-66.

Boyano-Orozco, L., Gallardo-Velazquez, T., Meza-Marquez, O. G. and Osorio-Revilla, G. (2020). Microencapsulation of rambutan peel extract by spray drying. *Foods*, 9, pp.1-17.

Cabral, T. A., Cardoso, L. d. M. and 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, pp.425-434.

Chakraborty, B., Mishra, D. S., Hazarika, B. N., Hazarika, T. K. and Ghosh, S. N. (2018). Rambutan (*Nephelium lappaceum*). In: *Breeding of Underutilized Fruit Crops*, pp.425-439.

Chen, J. Y., Xu, Y. J., Ge, Z. Z., Zhu, W., Xu, Z. and Li, C. M. (2015). Structural elucidation and antioxidant activity evaluation of key phenolic compounds isolated from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seeds. *Journal of Functional Foods*, 17, pp.872-880.

Cheng, H. S., Ton, S. H. and Abdul Kadir, K. (2016). Ellagitannin geraniin: a review of the natural sources, biosynthesis, pharmacokinetics and biological effects. *Phytochemistry Reviews*, 16, pp.159-193.

Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martau, G. A., Szabo, K., Calinoiu, L. F. and Vodnar, D. C. (2019). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in Food and Nutrition Research*, 91, pp.157-225.

Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M. and Oliveira, M. B. P. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, pp.350-357.

Da Silva Filho, D. F., Batista, M. R. A., Aguiar, J. P. L., Machado, F. M., Figueiredo, J. N. R. and Ticon-Benavente, C. A. (2019). Passiflora foetida yielding and nutritional composition. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41, pp.1-6.

Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S. and Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44, pp.1671-1701.

Durá, A. (2020). Malaga strengthens its European leadership in the production of exotics with the introduction of longan. [Em linha]. Disponível em <<https://www.freshplaza.com/article/9215821/malaga-strengthens-its-european-leadership-in-the-production-of-exotics-with-the-introduction-of-longan/>>. [Consultado em 07.12.2020]

El-ghfar, M. H. A. A., Ibrahim, H. M., Hassan, I. M., Abdel Fattah, A. A. and Mahmoud, M. H. (2016). Peels of lemon and orange as value-added ingredients: chemical and antioxidant properties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5, pp.777-794.

Emanuele, S., Lauricella, M., Calvaruso, G., D'Anneo, A. and 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, pp.1-15.

Ferreira, S. S., Passos, C. P., Madureira, P., Vilanova, M. and Coimbra, M. A. (2015). Structure function relationships of immunostimulatory polysaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 132, pp.378-396.

Fidrianny, I., Sari, P. and Wirasutisna, K. (2015). Antioxidant activities in various peel extracts of four varieties rambutan (*Nephelium lappaceum*) using DPPH, FRAP assays. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 7, pp.280-285.

Foo, K. Y. and Hameed, B. H. (2012). Potential of jackfruit peel as precursor for activated carbon prepared by microwave induced NaOH activation. *Bioresource Technology*, 112, pp.143-150.

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. *Journal of Functional Foods*, 14, pp.23-32.

Gao, Z., Gao, W., Zeng, S.-L., Li, P. and Liu, E. H. (2018). Chemical structures, bioactivities and molecular mechanisms of citrus polymethoxyflavones. *Journal of Functional Foods*, 40, pp.498-509.

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

Gong, Y., Fang, F., Zhang, X., Liu, B., Luo, H., Li, Z., Zhang, X., Zhang, Z. and Pang, X. (2018). B type and complex A/B type epicatechin trimers isolated from litchi pericarp aqueous extract show high antioxidant and anticancer activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, pp.1-19.

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

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

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

Hau, T. V., Hieu, S. T. (2019). Longan and rambutan in the Mekong Delta, Vietnam: A review of technologies to improve flowering and fruit setting. *Can Tho University Journal of Science*, 11(1), pp.7-23.

He, N., Wang, Z., Yang, C., Lu, Y., Sun, D., Wang, Y., Shao, W. and Li, Q. (2009). Isolation and identification of polyphenolic compounds in longan pericarp. *Separation and Purification Technology*, 70, pp.219-224.

Hernández-Hernández, C., Aguilar, C. N., Rodríguez-Herrera, R., Flores-Gallegos, A. C., Morlett-Chávez, J., Govea-Salas, M. and Ascacio-Valdés, J. A. (2019). Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) : Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 85, pp.201-210.

Hervalejo, A., Arjona-López, J. M., Ordóñez-Díaz, J. L., Romero-Rodríguez, E., Calero-Velázquez, R., Moreno-Rojas, J. M. and 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, pp.1-13.

Huang, F., Liu, Y., Zhang, R., Dong, L., Yi, Y., Deng, Y., Wei, Z., Wang, G. and Zhang, M. (2018). Chemical and rheological properties of polysaccharides from litchi pulp. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, pp.968-975.

Huang, G. J., Wang, B. S., Lin, W. C., Huang, S. S., Lee, C. Y., Yen, M. T. and Huang, M. H. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory properties of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) pericarp. *Evidence Based Complementary Alternative Medicine*, 2012, pp.1-10.

Huang, X. M., Subhadrabandhu, S., Mitra, S. K., Ben-Arie, R. and Stern, R. A. (2005). Origin, history, production and processing. In: Waite, C. M. G. *Litchi and Longan: Botany, Production and Uses*, UK. pp.1-23.

Ibrahim, S. R. and Mohamed, G. A. (2015). *Litchi chinensis*: medicinal uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 174, pp.492-513.

Iriondo-DeHond, M., Miguel, E. and Del Castillo, M. D. (2018). Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. *Nutrients*. 10, pp.1-24.

Jahiel, M., Andreas, C. and Penot, E. (2014). Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns. *Fruits*, 69, pp.1-18.

Jeff, I. B., Yuan, X., Sun, L., Kassim, R. M., Foday, A. D. and Zhou, Y. (2013). Purification and in vitro anti-proliferative effect of novel neutral polysaccharides from *Lentinus edodes*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 52, pp.99-106.

Jing, Y., Huang, L., Lv, W., Tong, H., Song, L., Hu, X. and Yu, R. (2014). Structural characterization of a novel polysaccharide from pulp tissues of *Litchi chinensis* and its immunomodulatory activity. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 62, pp.902-911.

Joglekar, S. N., Pathak, P. D., Mandavgane, S. A. and Kulkarni, B. D. (2019). Process of fruit peel waste biorefinery: a case study of citrus waste biorefinery, its environmental impacts and recommendations. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, pp.34713-34722.

Kanlayavattanakul, M., Ospondant, D., Ruktanonchai, U. and Lourith, N. (2012). Biological activity assessment and phenolic compounds characterization from the fruit pericarp of *Litchi chinensis* for cosmetic applications. *Pharmaceutical Biology*, 50, pp.1384-1390.

Khan, S. A., Liu, L., Lai, T., Zhang, R., Wei, Z., Xiao, J., Deng, Y. and Zhang, M. (2018). Phenolic profile, free amino acids composition and antioxidant potential of dried longan fermented by lactic acid bacteria. *Journal of Food Science and Technology*, 55, pp.4782-4791.

Kilari, E. K. and Putta, S. (2016). Biological and phytopharmacological descriptions of *Litchi chinensis*. *Pharmacognosy Reviews*, 10, pp.60-65.

Lal, N., Pandey, S., Nath, V., Agrawal, V., Gontia, A. and Sharma, H. (2018). Total phenol and flavonoids in by-product of Indian litchi: Difference among genotypes. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, pp.2891-2894.

Lebaka, V. R., Wee, Y. J., Ye, W. and Korivi, M. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, pp.1-20.

Li, J. and Jiang, Y. (2007). Litchi flavonoids: Isolation, identification and biological activity. *Molecules*, 12, pp.745-758.

Li, J., Miao, S. and Jiang, Y. (2009). Changes in quality attributes of longan juice during storage in relation to effects of thermal processing. *Journal of Food Quality*, 32, pp.48-57.

Li, L., Xu, J., Mu, Y., Han, L., Liu, R., Cai, Y. and Huang, X. (2015). Chemical characterization and anti-hyperglycaemic effects of polyphenol enriched longan (*Dimocarpus longan* Lour.) pericarp extracts. *Journal of Functional Foods*, 13, pp.314-322.

Liu, C., Yan, X., Yang, Z., Chen, Y., Lu, F., Guan, X., Huang, D. Y. (2014). Antioxidant capacity and contents of polyphenols in pericarps and stones of *Dimocarpus longan*. *Food Science & Technology*, 39, pp.203-211.

Lourith, N., Kanlayavattanukul, M., Chaikul, P., Chansriniyom, C. and Bunwatcharaphansakun, P. (2017). *In vitro* and cellular activities of the selected fruits residues for skin aging treatment. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, 89, pp.577-589.

Lyu, Q., Kuo, T. H., Sun, C., Chen, K., Hsu, C. C. and Li, X. (2019). Comprehensive structural characterization of phenolics in litchi pulp using tandem mass spectral molecular networking. *Food Chemistry*, 282, pp.9-17.

Mahmood, K., Fazilah, A., Yang, T. A., Sulaiman, S. and Kamilah, H. (2018a). Valorization of rambutan (*Nephelium lappaceum*) by-products: Food and non-food perspectives. *International Food Research Journal*, 25, pp.890-902.

Mahmood, K., Kamilah, H., Alias, A. K. and Ariffin, F. (2018b). Nutritional and therapeutic potentials of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.) and the by-products: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, pp.1556-1571.

Majerska, J., Michalska, A. and Figiel, A. (2019). A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 88, pp.207-219.

Mendez-Flores, A., Ascacio-Valdés, J., Hernández-Almanza, A., Sáenz-Galindo, A., Morlett-Chávez, J. and Aguilar, C. (2018). Ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenolic compounds from *Nephelium lappaceum* L. (Mexican variety) husk. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 11, pp.676-681.

Menzel, C., Huang, X. and Liu, C. (2005). Cultivars and Plant Improvement. In: Waite, C. M. a. G. *Litchi and Longan: Botany, Production and Uses*. UK. pp.59-86.

Mishra, D. S., Chakraborty, B., Rymbai, H. and Deshmukh, N. (2018). Longan (*Dimocarpus longan* Lour). In: *Breeding of underutilized fruit crops part II*. Arya Publishing House. Delhi, India. pp.255-272.

Mistriyani, Riyanto, S. and Rohman, A. (2017). Antioxidant activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L) peel *in vitro*. *Food Research*, 2, pp.119-123.

Monrroy, M., Araúz, O. and García, J. R. (2020). Active compound identification in extracts of *N. lappaceum* peel and evaluation of antioxidant capacity, *Journal of Chemistry*, 2020, pp.1-14.

Morton, J. (1987). Rambutan. In: *Fruits of warm climates. Center for New Crops and Plant Products, Purdue University Department of Horticulture and Landscape Architecture*. West Lafayette, Indiana. pp.262-265.

Muhamed, S. and Kurien, S. (2018). Phenophases of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) based on extended BBCH- scale for Kerala, India. *Current Plant Biology*, 13, pp.37-44.

Muhtadi, M., Suhendi, A. and Wikantyasning, E. R. (2017). Gel nanoemulsion of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit peel extracts: formulation, physical properties, sunscreen protecting, and antioxidant activity. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10, pp.220-224.

Nguyen, N. M. P., Le, T. T., Vissenaekens, H., Gonzales, G. B., Van Camp, J., Smagghe, G. and Raes, K. (2019). In vitro antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, 54, pp.1169-1178.

Nhat Minh Phuong, N., Trung Le, T., Quan Dang, M., Van Camp, J. and Raes, K. (2020). Selection of extraction conditions of phenolic compounds from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel. *Food and Bioproducts Processing*, 122, pp.222-229.

Ocicka, B. and Raźniewska, M. (2018). Food waste reduction as a challenge in supply chains management. *Logforum*, 14, pp.549-561.

Olesen, T., Menzel, C. M., McConchie, C. A. and Wiltshire, N. (2013). Pruning to control tree size, flowering and production of litchi. *Scientia Horticulturae*, 156, pp.93-98.

Pan, Y., Wang, K., Huang, S., Wang, H., Mu, X., He, C., Ji, X., Zhang, J. and Huang, F. (2008). Antioxidant activity of microwave-assisted extract of longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) peel. *Food Chemistry*, 106, pp.1264-1270.

Park, S. J., Park, D. H., Kim, D. H., Lee, S., Yoon, B. H., Jung, W. Y., Lee, K. T., Cheong, J. H. and Ryu, J. H. (2010). The memory-enhancing effects of Euphoria longan fruit extract in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 128, pp.160-165.

Prakash, Ks., Bashir, K. and Mishra, V. (2017). Development of synbiotic litchi juice drink and its physiochemical, viability and sensory analysis. *Journal of Food Processing & Technology*, 8, pp.1-6.

Qingbin, G., Nifei, W., Huanhuan, L., Zhenjing, L., Laifeng, L. and Changlu, W. (2020). The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. A review. *Journal of Functional Foods*, 65, pp.1-12.

Queiroz, E., Abreu, C. M. P., Oliveira, K. S., Ramos, V. and Fráguas, R. M. (2015). Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. *Revista Ciência Agronômica*, 46, pp.163-169.

Queiroz, E. R., Abreu, C. M. P., Rocha, D. A., Sousa, R. V., Fraguas, R. M., Braga, M. A. and Cesar, P. H. S. (2018). Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) peel flour: effects on hepatoprotection and dyslipidemia induced by a hypercholesterolemic diet. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, pp.267-281.

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

Rakariyatham, K., Zhou, D., Rakariyatham, N. and 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. *Journal of Functional Foods*, 67, pp.1-21.

Rangkadilok, N., Worasuttayangkurn, L., Bennett, R. N. and Satayavivad, J. (2005). Identification and quantification of polyphenolic compounds in longan (*Euphoria longana* Lam.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp.1387–1392.

Renu, S. and Shachi, A. (2017). Litchi chinensis: Taxonomy, Botany and Its Cultivars. In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. *Lychee Disease Management* Delhi, India. pp.191-210.

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

Rohman, A. (2017). Physico-chemical properties and biological activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit. *Research Journal of Phytochemistry*, 11, pp.66-73.

Rohman, A., Riyanto, S., Mistriyani, Shuhaira and Endro Nugr, A. (2016). Antiradical activities of rambutan peel: Study from two cultivars. *Research Journal of Phytochemistry*, 11, pp.42-47.

Romelle, F. D., Rani, A. P. and Manohar, R. S. (2016). Chemical composition of some selected fruit peels. *European Journal of Food Science and Technology*, 4, pp.12-21.

Sahni, R. K., Kumari, S., Kumar, M., Kumar, M. and Kumar, A. (2020). Status of litchi cultivation in India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, pp.1827-1840.

Sarkar, T., Nayak, P. and Chakraborty, R. (2018). Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) products and processing technologies: an Update. *Ambient Science*, 5, pp.11-16.

Sekar, M., Jaffar, F., Zahari, N., Mokhtar, N., Zulkifli, N., Kamaruzaman, R. and Abdullah, S. (2014). Comparative evaluation of antimicrobial properties of red and yellow rambutan fruit peel extracts. *Annual Research and Review in Biology*, 4, pp.3869-3874.

Shahrajabian, M. H., Sun, W. and Cheng, Q. (2019). Modern pharmacological actions of Longan fruits and their usages in traditional herbal remedies. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7, pp.179-185.

Shahrajabian, M. H., Sun, W., Khoshkharam, M. and Cheng, Q. (2020). Rambutan, a tropical plant with ethno-pharmaceutical properties. *Agrociencia*, 54, pp.121-128.

Sharifi, M., Bashtani, M., Naserian, A. and Farhangfar, H. (2017). Determination of chemical composition, mineral content, antioxidant capacity and rumen degradability in various varieties of wasted date palm. *Italian Journal of Animal Science*, 16, pp.507-514.

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

Shukla, R., Paubuly, D., Porval, A. and Shukla, A. (2012). Proximate analysis, nutritive value, total phenolic content and antioxidant activity of *Litchi chinensis* Sonn.. *Natural Products an Indian Journal*, 8, pp.361-369.

Silva, C., Garcia, V. and Franciscato, L. (2016). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from litchia peels (*Litchi Chinensis* Sonn.). *Revista Ciencias Exatas e Naturais*, 18.

Silva, C. R., Gomes, T. F., Andrade, G. C., Monteiro, S. H., Dias, A. C., Zagatto, E. A. and Tornisielo, V. L. (2013). Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, pp.2358-2363.

Silva, J. S., Ortiz, D. W., Garcia, L. G. C., Asquieri, E. R., Becker, F. S. and Damiani, C. (2020). Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. *Food Science and Technology*, 40, pp.810-816.

Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132, pp.1-87.

Sivakumar, D., Arrebola, E. and Korsten, L. (2008). 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, pp.1208-1214.

Solis-Fuentes, J. A., Camey-Ortiz, G., Hernandez-Medel Mdel, R., Perez-Mendoza, F. and Duran-de-Bazua, C. (2010). Composition, phase behavior and thermal stability of natural edible fat from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) seed. *Bioresource Technology*, 101, pp.799-803.

Soong, Y.-Y. and Barlow, P. J. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry*, 88, pp.411-417.

Srivastava, V., Viswakarma, B., Deep, P., Awasthi, H., Verma, S. and Vishnoi, R. K. V., S. (2018). A phytopharmacological review of *Litchi chinensis*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, pp.58-65.

Suleria, H. A. R., Barrow, C. J. and Dunshea, F. R. (2020). Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. *Foods*, 9, pp.1-26.

Sun, J., Peng, H., Su, W., Yao, J., Long, X. and Wang, J. (2011). Anthocyanins extracted from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pericarp tissues as potential natural antioxidants. *Journal of Food Biochemistry*, 35, pp.1461-1467.

Sun, J., Shi, J., Jiang, Y., Jun Xue, S. and Wei, X. (2007). Identification of two polyphenolic compounds with antioxidant activities in longan pericarp tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, pp.5864-5868.

Taak, P. and Koul, B. (2016). Phytochemistry and pharmacological properties of lychee (*Litchi chinensis* Sonn). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8, pp.35-48.

Tang, Y. Y., He, X. M., Sun, J., Li, C. B., Li, L., Sheng, J. F., Xin, M., Li, Z. C., Zheng, F. J., Liu, G. M., Li, J. M. and Ling, D. N. (2019). Polyphenols and alkaloids in byproducts of longan fruits (*Dimocarpus longan* Lour.) and their bioactivities. *Molecules*, 24, pp.1-16.

Thitilertdecha, N. (2010). *Extraction, Isolation, Purification, and Structural Identification of Phenolic Compounds from Rambutan*. Doctoral thesis, Chiang Mai University.

UE (2011). The provision of food information to consumers. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council.

Upadhyaya, D. C. and Upadhyaya, C. P. (2017). Bioactive compounds and medicinal importance of *Litchi chinensis*. In: *The Lychee Biotechnology*, pp.333-361.

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]

USDA (2019). Longans, raw. [Em linha]. Disponível em <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169089/nutrients>>. [Consultado em 07.12.2020]

Varjani, S. J. and Patel, P. (2017). Isolation, identification, and pharmacological activity of phytochemicals present in *Litchi chinensis*. In: *The Lychee Biotechnology*, pp.395-403.

Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G. and Oliveira, M. (2016). A New age for *Quercus* spp. fruits: review on nutritional and phytochemical composition and related biological activities of acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, pp.947-981.

Vinha, A. F., Moreira, J. and Barreira, S. V. P. (2013). Physicochemical parameters, phytochemical composition and antioxidant activity of the algarvian avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of Agricultural Science*, 5, pp.100-109.

Wall, M. M. (2006). Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, pp.655-663.

Wan Ishak, W. R., Hamzah, N. and Abdul Rahman, N. (2018). Nutritional and pharmacological properties of agro-industrial by-products from commonly consumed fruits. *Journal of Food Science & Technology*, 3, pp.396-416.

Wang, J., Guo, D., Han, D., Pan, X. and Li, J. (2020). A comprehensive insight into the metabolic landscape of fruit pulp, peel, and seed in two longan (*Dimocarpus longan* Lour.) varieties. *International Journal of Food Properties*, 23, pp.1527-1539.

Wei, Y. Z., Zhang, H. N., Li, W. C., Xie, J. H., Wang, Y. C., Liu, L. Q. and Shi, S. Y. (2013). Phenological growth stages of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) using the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 161, pp.273-277.

Yang, B., Dong, Y., Wang, F. and Zhang, Y. (2020). Nanoformulations to enhance the bioavailability and physiological functions of polyphenols. *Molecules*, 25, pp.1-36.

Yang, B., Jiang, Y., Shi, J., Chen, F. and Ashraf, M. (2011). Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit - A review. *Food Research International*, 44, pp.1837-1842.

Yang, X., Yan, F., Huang, S. and Fu, C. (2014). Antioxidant activities of fractions from longan pericarps. *Food Science and Technology*, 34, pp.341-345.

Yoswathana, N. and Eshtiaghi, M. N. (2013). Optimization for subcritical water extraction of phenolic compounds from rambutan peels. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 6, pp.323-327.

Yunusa, A., Abdullahi, N., Rilwan, A., Abdulkadir, A. and Dandago, M. (2018). DPPH radical scavenging activity and total phenolic content of rambutan (*Nephelium lappaceum*) peel and seed. *Food Science and Technology*, 19, pp.774-779.

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

Zhang, R., Khan, S. A., Lin, Y., Guo, D., Pan, X., Liu, L., Wei, Z., Zhang, Y., Deng, Y. and Zhang, M. (2018). Phenolic profiles and cellular antioxidant activity of longan pulp of 24 representative Chinese cultivars. *International Journal of Food Properties*, 21, pp.746-759.

Zhang, X., Guo, S., Ho, C.-T. and Bai, N. (2020). Phytochemical constituents and biological activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit: a review. *Food Science and Human Wellness*, 9, pp.95-102.

Zhao, L., Wang, K., Wang, K., Zhu, J. and Hu, Z. (2020). Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, pp.2139-2163.

Zhu, Q., Jiang, Y., Lin, S., Wen, L., Wu, D., Zhao, M., Chen, F., Jia, Y. and Yang, B. (2013). Structural identification of (1->6)- $\alpha$ -D-glucan, a key responsible for the health benefits of longan, and evaluation of anticancer activity. *Biomacromolecules*, 14, pp.1999-2003.

Zhu, X. R., Wang, H., Sun, J., Yang, B., Duan, X. W. and Jiang, Y. M. (2019). Pericarp and seed of litchi and longan fruits: constituent, extraction, bioactive activity, and potential utilization. *Journal of Zhejiang University Science-B (Biomedecine & Biotechnology)*, 20, pp.503-512.

## ANEXOS

67c6a1e7ce56d3d6b748bb69d9a93fd7.HDM.J

# CERTIFICADO DE POSTER

Certifica-se para os devidos efeitos que o **POSTER: Bioactive compounds and their potential use as ingredients for functional foods: nutritional globalization of exotic fruit peels** foi apresentado no **XXIII CONGRESSO ANUAL DA APNEP**, realizado virtualmente, nos dias 28 de maio de 2021.

Autor(es) do trabalho: **Carla Sousa; Clemence Ferchal; Ana F. Vinha.**



# PO 409 Bioactive compounds and their potential use as ingredients for functional foods:

## nutritional globalization of exotic fruit peels

Clemence Ferchal<sup>1</sup>, Carla Sousa<sup>2</sup>, Ana F. Vinha<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Pharmaceutical Sciences, Faculty of Health Sciences, University Fernando Pessoa, Portugal.

<sup>2</sup>FP-ENAS (UFP Research Unit in Energy, Environment and Health), CEBIMED (Center for Studies in Biomedicine), University Fernando Pessoa), Porto, Portugal. \*anafvinha@gmail.com



**Introduction:** Recently, international organizations, including Food and Agriculture Organization (FAO) have consider reducing food loss and waste as a priority. Indeed, many plant extracts rich in bioactive compounds are used as food supplements or are integrated into cosmetic and pharmaceutical formulations. Lychee and rambutan peels, representing about 50% of each fruit, have attracted the attention of researchers due to their high content of bioactive compounds, as: phenolics compounds, such as ellagic acid, coriagin, and geraniin, vitamin C, and some vital minerals (Cu, K, Fe, and Zn) [1].

### Objectives

In an attempt to value these food waste, with a view to elaborating functional and nutraceutical products, this study aimed to quantify total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity in ethanolic extracts of lychees and rambutan peels produced in Europe.



### Results and Discussion

The amount of total phenolics in lychees and rambutan peels were 1578.08 mg GAE /g and 649.05 mg GAE /g, respectively. Lower amounts of total flavonoids were observed (55.10 mg CE/g and 49.59 mg CE/g, respectively). The extracts exhibited good antioxidant capacity with both high inhibitory activity against ABTS<sup>+</sup> radical cations and strong scavenging activity against DPPH<sup>•</sup> radicals. ABTS<sup>+</sup> radical cations: 3019.45 ± 11.41 and 2591.31 ± 17.32 μmol TE/g, for lychees and rambutan, respectively)/ DPPH<sup>•</sup>assay: 2499.08 ± 23.07 and 2153.16 ± 25.52 μmol TE/g, for lychees and rambutan, respectively). Lychees and rambutan pericarp is often discarded as a byproduct, and results have shown that the polyphenols extracted from these fruits pericarp possess potential antioxidant effects. The use of biomass waste to obtain higher value-added products is highlighted because they are abundant, renewable and cheap.

### Conclusions

Development of new technologies to contribute in environmental preservation is a current theme in research field. Therefore, these compounds contribute towards antioxidant, antimicrobial, anticancer, antidiabetic and anti-obesity activities. The fruit peels contain important bioactive compounds, which are of interest in the food, cosmetic and pharmaceutical industries.



[1] Hernández, C., Ascacio-Valdés, J., De la Garza, H., Wong-Paz, J., Aguilar, C.N., Martínez-Ávila, G.C., Castro-López, C., Aguilera-Carbo, A. Polyphenolic content, in vitro antioxidant activity and chemical composition of extract from *Nephelium lappaceum* L. (Mexican rambutan) husk. Asian Pac. J. Trop. Med. 2017, 10, 1201-1205.





# Agri-food wastes: Valorization of Lychee (*Litchi chinensis*) peels

Clemence Ferchal<sup>1</sup>, Carla Sousa<sup>1,2</sup>, Ana F. Vinha<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Pharmaceutical Sciences, Faculty of Health Sciences, University Fernando Pessoa, Portugal, Email: 39962@ufp.edu.pt  
<sup>2</sup>PP-EMAS(UFP Research Unit in Energy, Environment and Health),CEBIMED(Center for Studies in Biomedicine), University Fernando Pessoa, Porto, Portugal  
<sup>3</sup>REQUIMTE /LAOY, Department of Chemical Sciences, Faculty of Pharmacy, University of Porto, Porto, Portugal

## Introduction/ Background

Nowadays, medicine has started to pay great attention to functional food, which displays an additional function related to health promotion or disease prevention. In fact, phytochemicals present in fruit byproducts (peel and seeds) are generally significantly higher than in their respective edible tissues (pulp), suggesting these wastes as potential sources for isolating bioactive compounds or as nutraceuticals ingredients for new products [1].

## Objectives

The aim of this study was to characterize the nutritional analysis of *Litchi chinensis* peels, in order to value this byproduct for possible applications in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

## Materials and Methods

Selected lychee fruits were washed, weighed and separated into peel, pulp and seed. The peel was lyophilized, ground, and stored protected from light until the time of analysis. Moisture was determined using an infrared balance. The remaining nutritional analyses were performed according to AOAC [2]. Briefly, ashes were quantified after incineration at 500°C. Total lipids and protein were determined by the Soxhlet and the Kjeldahl methods, respectively. Fibre was analysed through enzymatic-gravimetric procedures. Non-fibre carbohydrates were calculated by difference.

## Results

In lychee, peels represent almost 30% of the total weight and is the primary by-product. The nutritional profile of the lychee peels analysed in this study is described:

Total carbohydrates: 60 %  
 Dietary Fibre: 20%  
 Total Protein: 2%  
 Total Lipids: 1%  
 Total Minerals (Ashes): 2.5%

318 kcal/ 100 g  
 (total energetic value)



## Discussion and Conclusion

Tropical fruits represent one of the most important crops in the world. Moreover, currently, food security is a growing problem due to the depletion of natural resources and increasing population, which has led to a gap between production and consumption. Thus, this flour obtained from a food waste may be considered as a natural ingredient, with potential fiber source, and low lipidic fraction to be integrated in new products.

It is desirable to find proper food applications for fruits peel, helping the environment through sustainability and creating new value-added food products. Based on this, further assays should be undertaken to better understand the potential biological activities of this byproduct.

## References

- [1] Ben-ochman S, Joidou I, Bhar R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, 2020, 25: 510.
- [2] AOAC – Association of official analytical chemistry. Official methods of analysis, 21<sup>st</sup> ed., Gaithersburg 2019.