



JÉSSYCA SANTOS SILVA

**COPRODUTOS DE LICHIA: APLICAÇÃO TECNOLÓGICA
DAS FARINHAS, EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E
MICROENCAPSULAÇÃO DO EXTRATO OBTIDO DA CASCA**

**LAVRAS – MG
2020**

JÉSSYCA SANTOS SILVA

**COPRODUTOS DE LICHIA: APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS,
EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E MICROENCAPSULAÇÃO DO EXTRATO OBTIDO DA
CASCA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

SILVA, Jéssyca Santos.

Coprodutos de lichia: aplicação tecnológica das farinhas, extração de óleos e microencapsulação do extrato obtido da casca / Jéssyca Santos Silva. – 2019.

121 p. : il.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientadora: Clarissa Damiani.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Litchi chinensis* Sonn. 2. Resíduos agroindustriais. 3. Hambúrguer. 4. Cookie. 5. Liofilização. I. Vilas Boas, Eduardo Valério de Barros. II. Damiani, Clarissa. III. Título.

JÉSSYCA SANTOS SILVA

**COPRODUTOS DE LICHIA: APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS,
EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E MICROENCAPSULAÇÃO DO EXTRATO OBTIDO DA
CASCA**

**LYCHEE CO-PRODUCTS: TECHNOLOGICAL APPLICATION OF FLOURS, OIL
EXTRACTION AND MICROENCAPSULATION OF THE PEEL EXTRACT**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 21 de novembro de 2019.

Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani - UFG

Prof.^a Dr.^a Elisângela Elena Nunes de Carvalho - UFLA

Prof.^a Dr.^a Elaine Meire Assis Ramirez Asquieri - UFG

Prof. Dr. Luís Carlos Cunha Junior - UFG

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2020**

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria de Lourdes e Moacir.

A eles meu eterno amor e gratidão! ♡

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela sabedoria e força para concluir mais uma etapa de grande conhecimento na minha caminhada.

À minha família, por todo amor dedicado a mim, sem medir esforços, tornando possível a realização de mais uma conquista e por entenderem a minha ausência física, mas por saberem que o meu coração sempre esteve presente.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas e Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani, por serem a minha referência e exemplo de profissionais, pela atenção e disponibilidade em me ajudar, pela experiência e oportunidades oferecidas, com as quais muito aprendi.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de ingresso no curso e pelo apoio e estrutura disponíveis para a realização do trabalho.

Às agências de Fomento, CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo apoio financeiro fundamental para a realização do estudo e, à última, ainda, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos de Lavras, em especial, à Jéssica e Angélica, pelo carinho em me receber e pela paciência na convivência diária. À Mariana, pela grande amizade construída e pelos riquíssimos conhecimentos compartilhados. À Ana Beatriz, pela amizade e acolhimento em momentos que eu tanto precisei. Aos amigos Rafael, Lucas, Kelly, Patrícia, Tina, Heloisa, Hanna, Ana Lazara e à professora Elisangela por compartilharem comigo os seus conhecimentos, contribuindo para o meu crescimento profissional.

Ao professor Eduardo R. Asquieri, por disponibilizar o laboratório de bioquímica de alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, para a realização das análises, bem como, por todo conhecimento compartilhado. Aos colegas de laboratório da UFG, por compartilharem comigo a rotina diária, de forma descontraída, tornando-a menos cansativa e mais alegre.

À professora Fernanda S. Becker da UFG e às suas alunas Renata, Adriane, Vera e Lara, pelo auxílio no desenvolvimento das formulações e elaboração dos hambúrgueres e cookies.

À Universidade Federal de Goiás, por conceder espaço para conclusão das análises e realização da defesa.

À empresa Frutos do Brasil, pela doação dos resíduos utilizados no trabalho.

RESUMO GERAL

Os resíduos agroindustriais oriundos de cascas e sementes, geralmente, são ricos em fibras e compostos bioativos. Dentre as várias alternativas já existentes para evitar o descarte inapropriado e desperdício de partes usualmente não consumíveis (casca e sementes) de frutas, destaca-se o aproveitamento para a produção de farinhas. A composição química das farinhas da casca e semente de lichia (FCSL) sugere seu potencial nutricional e funcional e seu potencial de exploração pela indústria de alimentos e utilização na dieta humana. Assim, o aproveitamento de resíduos da agroindústria da lichia vem ao encontro do apelo hodierno pelo desenvolvimento de produtos mais saudáveis. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade de farinhas e óleos obtidos a partir de casca e semente oriundas do processamento de lichia, verificar o efeito da adição das farinhas em hambúrgueres e cookies, analisando suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais e microencapsular o extrato obtido da casca de lichia, visando-se a estabilização de seus pigmentos antocianicos, utilizando maltodextrina, goma arábica e combinações como materiais de parede. As farinhas elaboradas a partir dos resíduos do processamento de lichia apresentaram elevados teores de fibra alimentar, maiores níveis de lipídeos e proteínas, quando comparadas aos resíduos *in natura*, além de possuírem elevado teor de vitamina C e apresentarem alta capacidade antioxidante. Os óleos obtidos da casca e da semente de lichia se destacaram pela presença dos importantes ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico. A incorporação de FCSL em hambúrgueres de carne bovina contribuiu para o incremento dos teores de fibra alimentar, da capacidade antioxidante e de minerais, como potássio, cobre e ferro. A adição de farinha da semente de lichia nos cookies contribuiu para o incremento dos teores de fibra alimentar insolúvel, da capacidade antioxidante e da composição mineral. A adição de FCSL em produtos alimentícios agrega-lhes valor nutricional e potencial funcional, além de reduzir impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado dos resíduos agroindustriais. Observou-se que a microencapsulação do extrato obtido da casca de lichia mostrou efeito protetor das antocianinas durante o período avaliado, a despeito da temperatura de armazenamento, uma vez que o percentual de perda foi menor nos pós microencapsulados quando comparados ao extrato concentrado. Entre os diferentes materiais de parede utilizados, a maltodextrina promoveu maior retenção da capacidade antioxidante em três dos métodos avaliados e também menor percentual de perda total de antocianinas totais no teste de estabilidade. Assim, foi possível obter a partir do extrato da casca de lichia microcápsulas com capacidade antioxidante e estabilidade de antocianinas.

Palavras-chave: *litchi chinensis* sonn. resíduos agroindustriais. hambúrguer. cookie. liofilização.

GENERAL ABSTRACT

Agroindustrial wastes from bark and seeds are usually rich in fiber and bioactive compounds. The use of flour production stands out among the various alternatives already available to avoid the improper disposal and waste of usually non-consumable parts (peel and seeds) of fruits. The chemical composition of lychee bark and seed meal (FCSL) suggests its nutritional and functional potential as well as its potential for exploitation by the food industry and use in the human diet. Thus, the use of waste from lychee cultivation meets today's appeal for the development of healthier products. The objectives of this study were to evaluate the quality of flour and oil obtained from peel and seed from lychee to verify the effect of adding flour to hamburgers and cookies, analyzing their physicochemical, nutritional and sensory characteristics and the microencapsulating process extracted of lychee bark, aiming to stabilize its anthocyanin pigments, using maltodextrin, gum arabic and combinations as wall materials. Flours made from lychee residues presented high levels of dietary fiber, higher levels of lipids and proteins when compared with fresh residues, besides having a high vitamin C content and high antioxidant capacity. The oils obtained from the lychee bark and seeds were distinguished by the presence of the important essential fatty acids, linoleic and linolenic. The incorporation of FCSL in beef burgers contributed to the increase of dietary fiber content, antioxidant capacity and minerals such as potassium, copper and iron. The addition of lychee seeds flour in cookies contributed to the increase of insoluble dietary fiber content, antioxidant capacity and mineral composition. The addition of FCSL in food products adds nutritional value and functional potential, as well as reducing environmental impacts caused by improper disposal of agro-industrial waste. It was observed that the microencapsulation of the extract obtained from lychee bark showed protective effect of anthocyanins during the evaluated period, despite the storage temperature, since the percentage of loss was lower in the microencapsulated powders when compared with the concentrated extract. Among the different used wall materials, maltodextrin promoted greater retention of antioxidant capacity in three of the evaluated methods and also lower percentage of total loss of total anthocyanins in the stability test. Therefore, it was possible to obtain bark microcapsules with antioxidant capacity and anthocyanin stability from the extract of lychee.

Keywords: *litchi chinensis* sonn. agroindustrial waste. hamburger. cookie. freeze drying.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	9
1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 A Lichia	10
2.1.1 Coprodutos da Lichia	12
2.3 Compostos Bioativos em Alimentos	15
2.4 Aproveitamento de resíduos agroindustriais	17
2.4.1 Hambúrguer	18
2.4.2 Biscoito tipo <i>Cookie</i>	19
2.5 Microencapsulação	19
2.5.1 Agentes encapsulantes	21
2.5.3 Microencapsulação de compostos obtidos de resíduos	22
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	23
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	35
ARTIGO 1	35
QUALIDADE DE FARINHAS E ÓLEOS OBTIDOS DE COPRODUTOS DE LICHIA PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM ALIMENTOS	35
ARTIGO 2	59
EFEITO DA INCORPORAÇÃO COPRODUTOS DE LICHIA EM HAMBÚRGUERES DE CARNE BOVINA	59
ARTIGO 3	81
QUALIDADE NUTRICIONAL, FÍSICO-QUÍMICA, PERFIL MINERAL E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE COOKIES COM FARINHA DE SEMENTE DE LICHIA	81
ARTIGO 4	101
MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATO OBTIDO DA CASCA DE LICHIA PARA APLICAÇÃO COMO CORANTE E ANTIOXIDANTE NATURAL	101

PRIMEIRA PARTE

COPRODUTOS DE LICHIA: APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS, EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E MICROENCAPSULAÇÃO DO EXTRATO OBTIDO DA CASCA

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia (REETZ et al., 2015), e a demanda do mercado por produtos como sucos, polpas, sorvetes está em constante crescimento, ocasionando o aumento do número de agroindústrias processadoras de frutas. Como consequência, existe considerável aumento na geração de resíduos, o que para as indústrias e órgãos competentes tornou-se grande problema, devido aos danos ambientais, já que estes resíduos não possuem mercado definido para sua comercialização.

O descarte dos resíduos agroindustriais, além de causar problemas de disposição final e poluição do meio ambiente, representa perdas de matérias-primas e energia, exigindo, para as indústrias, investimentos em tratamentos que diminuam os impactos negativos à natureza. Além disso, é importante destacar que o teor de compostos bioativos naturais é elevado nestes resíduos de frutas (GARCIA-AMEZQUITA et al., 2018; ALZATE et al., 2017; GURAK et al., 2014), o que justifica o interesse pelo seu aproveitamento integral. Cerca de 90% de coprodutos, como cascas e sementes de frutas viram toneladas de dejetos que, por questões sanitárias, devem ser descartados em locais distantes da unidade de processamento (LOUSADA JUNIOR et al. 2006), onerando para a empresa e comprometendo o meio ambiente.

A lichia é um fruto não-climatérico, com alto valor comercial e muito apreciado pelos consumidores. A polpa da lichia é a parte comestível, enquanto a casca e semente são descartadas, e, portanto, consideradas resíduos ou coprodutos. Trabalhos recentes objetivando avaliar o potencial nutricional dos coprodutos da lichia mostraram que a casca e a semente apresentam elevados potenciais com valor energético e nutricional (QUEIROZ; ABREU; OLIVEIRA, 2012, QUEIROZ et al. 2015A, QUEIROZ et al. 2015B). Além dos nutrientes, os coprodutos da lichia são considerados importantes fontes de antioxidantes e compostos fenólicos, sobretudo a casca, cuja coloração atrativa é atribuída, principalmente, às

antocianinas (PRASAD et al., 2009). Adicionalmente, a casca da lichia, quando comparada à semente, apresenta teores de fibras (19,88; 4,75 g.100g⁻¹, respectivamente) e de ácido ascórbico (295,69; 57,54 mg.100g⁻¹, respectivamente) bastante superiores (QUEIROZ et al., 2015B), compostos que exercem impacto sobre a saúde humana.

Dados sobre a aplicação alimentar de farinhas obtidas da casca e da semente de lichia, bem como dados sobre a qualidade de óleos extraídos desses coprodutos e microencapsulação de extrato obtido da casca não foram encontrados na literatura. Portanto, os coprodutos de lichia podem ser transformados em matérias-primas que podem contribuir para o melhor aproveitamento destas partes descartadas na indústria alimentícia ou em outras aplicações, o que, conseqüentemente, agregará valor ao fruto, reduzindo a quantidade de resíduos agroindustriais e enriquecendo, nutricionalmente e sensorialmente produtos alimentícios, podendo impactar seu apelo funcional.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade de farinhas e óleos obtidos a partir de casca e semente oriundas do processamento de lichia, verificar o efeito da adição das farinhas em hambúrgueres e cookies, analisando suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais e microencapsular o extrato obtido da casca de lichia, visando-se a estabilização de seus pigmentos antociânicos, utilizando maltodextrina, goma arábica e combinações como materiais de parede.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Lichia

A Lichia (*Litchi chinensis* Sonn) é uma fruta de origem chinesa que pertence à família Sapindaceae, gênero Litchi e espécie *Litchi chinensis* (SMARSI et al., 2008; MOTTA, 2009). É um fruto tropical, de elevado valor comercial, possuindo casca com coloração vermelha, arilo translúcido, e muito apreciado por seu sabor doce que apresenta quantidade significativa de açúcares, além de minerais como potássio, magnésio, fósforo e vitaminas como a riboflavina, niacina e tiamina (QUEIROZ, 2012).

A lichia chegou ao Brasil em 1810, no Jardim Botânico da cidade do Rio de Janeiro, não apresentando nenhum tipo de dificuldade quanto à adaptação (SIQUEIRA; SALOMÃO; CARVALHO, 2010). Mesmo não sendo muito conhecida pela população brasileira, a lichia tem um mercado potencial grande e aceitação ao redor do mundo, inclusive nos Estados

Unidos, Europa e até mesmo nos países produtores, devido à qualidade dos frutos (DEL AGUILA, 2009).

A produção brasileira de lichia fica concentrada no Estado de São Paulo, principalmente na região da Alta Paulista, que se estende desde a cidade de Marília até as margens do Rio Paraná. A área de cultivo está expandindo gradativamente aos estados de Minas Gerais e Paraná. A colheita ocorre de novembro a janeiro, de modo que o consumo ocorre, principalmente, na época do Natal (PIMENTEL & CELIM, 2011).

É uma fruta não-climatérica e por isso deve ser colhida quando apresentar aparência e qualidade ótimas para o consumo, ou seja, coloração vermelha totalmente desenvolvida com poucas áreas verdes, uma vez que os frutos imaturos são ácidos e, por não amadurecerem, não melhoram o sabor (NAKASONE & PAULL, 1998). Entre o 80º e 112º dia após a antese, dependendo da cultivar e condições ambientais, ocorre a maturação dos frutos, a qual também pode ser determinada pelo tamanho, peso, cor, teor de açúcares, acidez e relação açúcares/acidez (HOLCROFT & MITCHAM, 1996; NAKASONE & PAULL, 1998).

Os frutos da lichieira (Figura 1), possuem forma de drupa, podendo ser redondos, ovóides ou em forma de coração, variando até 5 cm de comprimento, 4 cm de largura e de 2 a 3,5 cm de diâmetro. O pericarpo é macio ou áspero, com diferentes protuberâncias, grosso ou fino. Os frutos são produzidos em cachos, de forma e tamanhos variáveis, e sua casca é rugosa e de diferentes tonalidades de vermelho, com facilidade a ser destacada quando madura (MENZEL & WAITE, 2005).

Figura 1 - Lichia (*Litchi chinensis* Sonn)



Fonte: RONDORURAL, 2019.

O arilo, excrescência carnosa na superfície da semente proveniente do tegumento externo, é gelatinoso, translúcido, sucoso e não aderente ao caroço, podendo compreender até 80 % dos frutos e apresentar sabor doce e aromático nas melhores cultivares. A única semente marrom-escura presente, possui de 6 a 12 mm de largura e 10 a 23 mm de comprimento (MENZEL, 2002).

Existem três subespécies de lichia, classificadas taxonomicamente de acordo com a espessura dos galhos, arranjo das flores, números de estames e características das frutas: *Litchi chinensis ssp. chinensis*, *Litchi chinensis ssp. philippinensis* e *Litchi chinensis ssp. javensis*, porém só a primeira é produzida comercialmente. O nome “litchi” ou “Li-zhi” do dialeto chinês, originalmente significa “ser destacada do galho”, e foi primeiramente descrita em 200 a.C. Posteriormente, foi descoberto que o nome se refere-se à “rápida deterioração dos frutos após a colheita” (LEENHOUTS, 1978; MENZEL & WAITE, 2005).

Devido à alta produtividade, ao tamanho e à coloração do fruto, a cultivar Bengal é a mais plantada no Brasil. Estima-se que 95% de toda área cultivada com lichia seja dessa variedade. Os frutos são produzidos em cachos, que podem superar 5 kg e que distribuem-se por toda árvore. A produção de uma planta adulta pode atingir até 300 kg de frutos (PIRES, 2012). Frutos maduros da cultivar Bengal pesam, em média, 18,39 g, dos quais 50,9% são polpa, 27,08% casca e 22,02% semente. Apesar da polpa corresponder à maior proporção em relação ao fruto inteiro, a casca e a semente, juntas, representam cerca de 50% do fruto, proporção elevada, visto que estas frações são descartadas (KUMAR; KUMAR; SHARMA, 2012; QUEIROZ; ABREU; OLIVEIRA, 2012).

2.1.1 Coprodutos da Lichia

Dados sobre a composição de coprodutos agroindustriais como a casca e a semente de lichia são limitados na literatura. Queiroz et al.(2012), estudaram a composição das frações de lichia *in natura* (Tabela 1), no qual encontraram para a semente o maior valor energético total (206,66 kcal 100g⁻¹ de matéria fresca), além de expressivo teor de carboidratos, o que é indicativo de que esta pode ser considerada boa fonte energética. Observa-se que a casca da lichia é a fração mais rica em fibra alimentar e apresenta 18,21 g de fibra alimentar total em 100g de matéria seca, teor bastante superior ao da semente (4,07g.100g⁻¹).

Queiroz et al. (2015A) estudaram os fitoquímicos bioativos e a capacidade antioxidante das frações de lichia fresca e encontraram maiores concentrações de compostos fenólicos, ácido ascórbico e beta-caroteno na casca, quando comparada com a semente

(Tabela 2). Para a casca de lichia fresca, Lima et al. (2010) encontraram teores de antocianinas que variaram de 86,7 mg.100g⁻¹ a 94,1 mg.100g⁻¹.

Tabela 1 - Composição centesimal em de matéria seca das frações de lichia.

(g.100g ⁻¹)	Casca	Semente
Lipídios	6,97	2,77
Proteínas	10,86	4,83
Cinzas	2,17	1,44
Fibra alimentar solúvel	8,24	2,35
Fibra alimentar total	18,21	4,07
Carboidratos	61,11	86,63
Valor energético total (VET*)	107,66	206,66

Fonte: Queiroz et al. (2012). *VET expressos em Kcal.100g⁻¹ de matéria fresca.

Tabela 2 - Compostos fenólicos, ácido ascórbico e betacaroteno das frações de lichia.

Fração	Compostos fenólicos ¹	Ácido ascórbico ¹	Beta-caroteno ²
Casca <i>in natura</i>	22,4	2169,52	261,99
Semente <i>in natura</i>	11,45	370,47	0,07

Fonte: Queiroz et al. (2015A). ¹mg.100g⁻¹; ²mg.100ml⁻¹.

Ainda em seu estudo, Queiroz et al. (2015A) avaliaram a atividade antioxidante da casca e da semente *in natura* de lichia pelos métodos radical DPPH e beta-caroteno/ ácido linoleico em diferentes extratos (Tabela 3). A atividade antioxidante, com base na inibição do radical DPPH, foi elevada para todos os extratos analisados, destacando-se a casca *in natura* no extrato D, preparado com 50% de metanol seguido de evaporação. Para a atividade antioxidante pelo sistema betacaroteno/ácido linoleico, a maior atividade foi observada na casca *in natura* para o extrato B, preparado com acetona.

Tabela 3 - Porcentagens de atividade antioxidante dos extratos A (aquoso), B (acetona), C (solução 1:1. Acetona 70% e etanol 50%) e D (metanol 50%) em frações de lichia pelos métodos radical DPPH e betacaroteno/ácido linoleico.

Fração	Método	A	B	C	D
Casca <i>in natura</i>	DPPH	25,7	63,64	56,58	87,18
Semente <i>in natura</i>		47,92	27,67	39,12	78,42
Casca <i>in natura</i>	βcaroteno/ácido linoleico	66,11	75,89	75,35	75,47
Semente <i>in natura</i>		22,66	41,44	45,82	61,22

Fonte: Queiroz et al. (2015).

Com base nesses estudos, os coprodutos da lichia apresentam potencial para aplicação em produtos alimentícios, sobretudo devido ao teor de fibra alimentar, capacidade antioxidante, vitamina C, compostos fenólicos e antocianinas.

2.2 Fibra Alimentar

O conceito de fibra alimentar inclui os polissacarídeos celulósicos, hemicelulósicos, beta-glicanos, lignina e outros componentes dos alimentos que, também, passam pelo processo digestivo e chegam ao cólon sem serem degradados, que são o amido resistente, os compostos polifenólicos e os compostos de Maillard (CERQUEIRA et al., 2008; PHILIPPI, 2008). As fibras alimentares têm papel essencial na saúde intestinal e parecem estar, significativamente, associadas com o menor risco de desenvolvimento de doença cardíaca coronária, hipertensão, acidente vascular cerebral, diabetes e obesidade (SAURA-CALIXTO, 2011).

Apesar de a fibra alimentar ser resistente à digestão na boca, estômago e intestino delgado do homem, a mesma possui valor nutricional específico, devido a seu papel em manter a integridade funcional do trato gastrointestinal. Assim, as fibras fermentáveis podem ser degradadas microbiologicamente no cólon, gerando ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos e utilizados como fonte de energia (PACHECO, 1995; PENTEADO 1995). A fim de auxiliar na prevenção do aparecimento de doenças crônicas relacionadas à dieta, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação/Organização Mundial de Saúde (FAO/OMS) recomenda o consumo de, pelo menos, 25g por dia de fibras na dieta. No entanto, em muitos países, a adesão a essa recomendação não é alcançada (MELO; LAAKSOMEN, 2009).

A indústria alimentícia, na tentativa de melhorar a qualidade nutricional de seus produtos, para atender a uma nova classe de consumidores que se preocupam com a qualidade da sua alimentação, tem enriquecido e criado novos produtos com fibras. Por isso a descoberta de fontes alternativas de fibra alimentar pode ser de grande valor, pois não só contribuem para o enriquecimento nutricional dos produtos, como também previnem o desperdício, uma vez que o alimento é utilizado de maneira integral (CERQUEIRA et al., 2008).

As fibras podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade, em insolúveis e solúveis, e essas frações são responsáveis por efeitos fisiológicos distintos no organismo. A fibra alimentar insolúvel compreende a celulose, a lignina e algumas frações de hemicelulose.

Entre os efeitos benéficos que essa fração de fibra alimentar pode proporcionar estão o favorecimento da motilidade intestinal, melhorando a mobilização do bolo fecal e, conseqüentemente, favorecendo o trânsito intestinal e auxiliando na redução do risco de câncer de cólon e de problemas intestinais. A fibra alimentar solúvel compreende as gomas, pectinas, mucilagens, polissacarídeos de reserva e hemiceluloses solúveis. Os efeitos fisiológicos exercidos incluem a redução do colesterol no sangue e controle da glicemia em diabéticos (LONDERO; RIBEIRO; CARGNELUTTI FILHO, 2008; ORDONEZ, 2005).

2.3 Compostos Bioativos em Alimentos

Os compostos bioativos promovem benefícios à saúde e reduzem o risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. Esse efeito protetor tem sido atribuído, em grande parte, a propriedades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como atividade antioxidante, antiinflamatória e hipocolesterolêmica de nutrientes como as vitaminas C, A e E, e de compostos fenólicos como os flavonoides (SEIFRIED et al., 2007; RICE-EVANS et al., 1996). O teor de compostos bioativos está fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante de frutas, sendo que amostras com maior teor de compostos bioativos apresentam maior capacidade antioxidante, como constatado por Rufino et al. (2010), que relataram correlação significativa entre o teor de ácido ascórbico e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de dezoito frutas tropicais brasileiras. Em outro estudo realizado com frutas do Cerrado, Souza et al. (2012) também observaram forte correlação entre o teor de ácido ascórbico e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante.

O termo antioxidante pode ser definido como uma família heterogênea de moléculas naturais que, presentes em baixas concentrações, comparativamente às biomoléculas que supostamente protegeriam, podem prevenir ou reduzir a extensão do dano oxidativo. Dessa forma, os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres, antes que ataquem os alvos biológicos nas células (RODRIGUES, 2010; OLIVEIRA et al., 2009). A oxidação, em sistemas biológicos, ocorre pela ação de radicais livres no organismo, sendo estas moléculas muito reativas, devido à presença de elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron e, conseqüentemente, causar danos aos tecidos pela reação com lipídios das membranas celulares, nucleotídeos do DNA e ligações sulfidril com proteínas (MACHLIN; BENDICH, 1987).

Defesas antioxidantes endógenas, apesar de serem eficientes, muitas vezes são insuficientes, fazendo com que antioxidantes obtidos por meio da dieta sejam importantes

para a manutenção do equilíbrio redox, destacando-se como antioxidantes não enzimáticos, principalmente, as vitaminas C e E, os carotenoides, como o β -caroteno e licopeno, e os compostos fenólicos como flavonóis e antocianinas (BOUAYED; BOHN, 2010; CAROCHO; FERREIRA, 2013). Entretanto, um bioativo pode apresentar certa atividade *in vitro* e *in vivo* não ser biodisponível, ou ser rapidamente metabolizado e excretado, tornando-se ineficaz. Portanto, uma abordagem completa sobre a atividade biológica dessas substâncias deve envolver o estudo da sua biodisponibilidade, englobando liberação, absorção, distribuição, metabolismo, tempo de meia-vida efetiva, mecanismos de ativação e inativação e excreção do composto em questão (Cozzolino, 2012).

A vitamina C, ou ácido ascórbico, é uma substância hidrossolúvel e termolábil, encontrada principalmente em alimentos de origem vegetal, como as frutas. O teor dessa vitamina nas frutas pode variar significativamente conforme as espécies, condições de plantio, tipo e frequência de irrigação, utilização de defensivos agrícolas, estágio de maturação, manuseio pós-colheita e condições de estocagem e processamento (CARDOSO et al., 2011; CELLI; PEREIRA-NETTO; BETA, 2011). Por apresentar atividade antioxidante, a vitamina C é a primeira linha de anticorpos contra radicais derivados do oxigênio em meio aquoso. Essa vitamina reage, diretamente, com superóxidos, radicais hidroxilas e o oxigênio singlete. Tem grande importância fisiológica devido sua participação em diversas ocorrências no organismo, como formação do tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos e prevenção do escorbuto. É considerado antioxidante fisiológico versátil, pois pode exercer ação nos compartimentos intra e extracelulares (GONÇALVES, 2008).

Os compostos fenólicos são os principais grupos de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, em resposta a estresses causados por fatores edafoclimáticos ou mesmo por agressores, como insetos, microrganismos, entre outros (KEUTGEN; PAWELZIK, 2007). São substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas, sendo os principais grupos fenólicos: os flavonoides, ácidos fenólicos e polifenóis (taninos). Flavonoides são classificados em flavanonas, flavonas, flavonóis (catequinas), dihidroflavonóis, isoflavonas e antocianinas (LEE et al., 2005). A atividade antioxidante atribuída aos compostos fenólicos, como os flavonoides, se deve ao fato de atuarem como doadores de hidrogênio e em quelar metais, reduzindo o risco de patologias decorrentes da ação destes (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

As antocianinas são antocianidinas glicosiladas, estruturas formadas por dois anéis aromáticos ligados por meio de três carbonos, que geralmente formam um heterociclo

oxigenado, denominado cátion flavilium (2- fenilbenzopirilium) (BRAVO, 1998). São conhecidas como corantes naturais vermelhos usados em alimentos, devido às suas cores brilhantes e atraentes, não toxicidade e solubilidade em água, o que permite a sua incorporação em meios aquosos (LOPES et al., 2007). No entanto, elas apresentam problemas de estabilidade à cor e esta estabilidade de antocianinas é afetada por vários fatores tais como a estrutura química, temperatura, pH, concentração, presença de luz, de copigmentos, íons metálicos, enzimas, oxigênio, ácidos ascórbico, açúcares e seus produtos de degradação, e dióxido de enxofre (CAVALCANTI; SANTOS; MEIRELES, 2011; SHIPP; ABDEL-AAL, 2010). A elevada capacidade antioxidante das antocianinas está relacionada à deficiência de elétrons do núcleo flavilium e à presença de grupos hidroxilas livres. O alto poder de reação do grupo hidroxil com o radical livre faz com que o mesmo seja inativado (KUSKOSKI et al., 2004; GOUVÊA, 2010; CARDOSO, 2011).

2.4 Aproveitamento de resíduos agroindustriais

Os resíduos agroindustriais são produtos ou materiais gerados em processo agrícola e que apresentam potencialidades para serem reaproveitados no mesmo processo ou em outro. Eles podem ser obtidos por meio do processamento de produtos de origem vegetal, (frutas, oleaginosas e grãos) e de origem animal, (laticínios, avicultura de corte, aquicultura), e apresentam alto valor energético e elevado potencial para reutilização (REZZADORI et al., 2012).

Durante o processamento industrial de frutas para a obtenção de sucos, polpas congeladas, néctares, geleias, dentre outros produtos, as substâncias nutritivas encontradas nas cascas, sementes e bagaços são desprezadas e em virtude da grande variedade de frutas tropicais existentes e a demanda cada vez maior por alimentos que sejam rápidos e práticos, as atividades agroindustriais tem estado em pleno crescimento refletindo na geração de grandes montantes de resíduos agroindustriais, os quais geram impactos ambientais. Embora esses resíduos sejam biodegradáveis, muitas vezes eles apresentam dificuldade no processo de decomposição natural, constituindo-se uma fonte poluente, promovendo a contaminação do solo, água e ar (HUBER et al., 2012; MARQUES, 2013, TANG et al., 2015).

Alternativas para a reutilização desses resíduos vêm sendo estudadas visando seu aproveitamento máximo, gerando novos produtos para o consumo humano e agregando valor às matérias primas antes descartadas, melhorando o valor nutritivo da dieta das populações e reduzindo a deposição de lixo orgânico pelas indústrias (LIMA et al., 2014). Uma alternativa

que tem mostrado viabilidade tecnológica e econômica para utilização desses subprodutos é o enriquecimento de produtos de alta aceitação e consumo dentro da população, incluindo-se aos mesmos, farinhas elaboradas com resíduos industriais de frutas e hortaliças (AQUINO et al., 2010; CARVALHO et al., 2012; MACAGNAN et al., 2014). Essa alternativa de aproveitamento é importante, uma vez que as maiores quantidades de fibras de muitos alimentos se concentram na casca de frutos e legumes (PELIZER et al., 2007).

O desenvolvimento de formas para agregar valor aos coprodutos do processamento de frutas, por meio de sua utilização no enriquecimento ou desenvolvimento de novos produtos, permite satisfazer exigências dos consumidores por alimentos mais saudáveis e traz impactos econômicos e ambientais positivos. Entre as possíveis aplicações, está o uso das farinhas obtidas desses resíduos no desenvolvimento de produtos como hambúrgueres e cookies e, ainda, na extração e microencapsulação de compostos como fenólicos, pigmentos e vitaminas, no intuito de melhorar a estabilidade dos mesmos, visando aplicação nos mais variados tipos de alimentos, com foco em melhoria da qualidade nutricional e sensorial.

2.4.1 Hambúrguer

A legislação brasileira estabelece que hambúrguer é um produto cárneo industrializado, obtido de carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a um processo tecnológico adequado. Esse produto pode ser comercializado cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado. Os hambúrgueres devem, obrigatoriamente, conter em sua composição carne de diferentes espécies de animais de açougue e como ingredientes opcionais gorduras (animal e/ou vegetal), água, sal, proteínas (animal e/ou vegetal), leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, além de vegetais, queijos e outros recheios. A legislação brasileira também estabelece que o hambúrguer deve possuir, no máximo, 23% de gordura, no mínimo, 15% de proteínas e, no máximo, 3% de carboidratos totais. A adição de carne mecanicamente separada só é permitida em hambúrgueres cozidos, sendo o seu nível de adição controlado por meio da análise do teor de cálcio (0,1% para hambúrgueres crus e 0,45% para hambúrgueres cozidos) (BRASIL, 2000).

O hambúrguer é um dos produtos cárneos mais consumidos e tornou-se bastante popular devido às suas características sensoriais e por ser um produto de preparo rápido e fácil. Ele é rico em lipídios e proteínas de alto valor biológico. Portanto, é uma opção de produto para ser enriquecido com outros ingredientes que contenham fibras, como por

exemplo, resíduos agroindustriais, atendendo aos interesses dos consumidores por produtos de alto valor nutricional.

2.4.2 Biscoito tipo *Cookie*

O biscoito é definido como um produto obtido pelo amassamento e cozimento da massa fermentada ou não, preparado com farinhas e outras substâncias alimentícias. Quanto às características, os biscoitos devem apresentar massa torrada, com ou sem recheio ou algum revestimento, cor, aroma e sabor característico do próprio biscoito (BRASIL, 2005).

Existe uma vasta diversidade de biscoitos, podendo variar em sua forma, tamanho, aroma, cor e principalmente o sabor (KIIN-KABARI e GIAMI, 2015). O *cookie* é um tipo de biscoito elaborado com farinha de trigo “mole”, caracterizada por apresentar baixo teor de glúten e conteúdo proteico resultando em produtos mais macios, pois forma uma fraca rede de glúten (SCHEUER et al., 2012). A formulação básica dos *cookies* reúne farinhas, amidos, fermentos, água e gordura, e o produto é assado e possui textura e aparência única (ZAGO et al., 2015). Os *cookies* têm ganhado destaque nas pesquisas para o estudo de novas formulações e ingredientes, uma vez que são de fácil manuseio e maior facilidade na incorporação de um novo ingrediente, sem grandes alterações em suas propriedades físicas (DHANKHAR, 2013).

Alguns trabalhos tem avaliado o efeito da incorporação de farinhas obtidas de resíduos agroindustriais na elaboração de biscoitos tipo *cookie*. Piovesana et al. (2013), na avaliação de biscoitos tipo *cookie* enriquecidos com aveia e farinha do bagaço de uva, verificaram que os biscoitos elaborados com substituição de até 50% da farinha de trigo por farinha integral de aveia e farinha de bagaço de uva obtiveram uma boa aceitabilidade. Silva et al. (2019) destacaram que os *cookies* elaborados com o acréscimo de 5% da farinha do caroço de abacate em substituição à farinha de trigo destacaram-se por apresentar uma boa aceitação sensorial e intenção de compra. Becker et al. (2014), verificaram que a substituição da farinha do endocarpo de buriti em até 15% da formulação integral de *cookies* promove o aumento do teor de fibras e minerais na dieta, sem alterações significativas nos atributos sensoriais.

2.5 Microencapsulação

A microencapsulação é uma alternativa de proteção aos compostos que se degradam facilmente devido a condições adversas como altas temperaturas, presença de luz, oxigênio,

entre outros. O intuito deste processo é aprisionar uma substância (material do núcleo ou agente ativo) dentro de outro material (revestimento, escudo ou material de suporte/parede), formando pequenas partículas, seladas, que podem liberar seu conteúdo a taxas controladas em condições específicas. Esta técnica visa prolongar a vida útil do produto, protegendo os componentes ativos contra a degradação durante o armazenamento e/ou processamento e mantendo a funcionalidade, além de mascarar odores ou sabores indesejados (DESAI & PARK, 2005; CELLI et al., 2015).

São vários os métodos de encapsulação e para sua escolha, deve se levar em consideração o custo de operação, a sensibilidade do encapsulado, o tamanho desejado para a microesfera, as propriedades físicas e químicas do encapsulado e do material de parede, a aplicação do produto e o mecanismo de liberação (SHAHIDI; HAN, 1993). Entre os métodos físicos, pode-se citar “spray drying”, “spray cooling”, cocristalização e liofilização. Os métodos químicos consistem de inclusão molecular e polimerização interfacial e os métodos físico-químicos são coacervação ou separação de fases, emulsificação seguida de evaporação do solvente, pulverização em agente formador de reticulação, dentre outros (RÉ, 1998; SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2000). A liofilização destaca-se entre as demais técnicas pela aplicação de baixas temperaturas, o que propicia a preservação do núcleo, assim como confere menores riscos de alterações de compostos instáveis à ação de temperaturas mais elevadas (AZEREDO, 2005; RUTZ, 2013).

A liofilização é também denominada por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecagem e ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido), ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação (GARCIA, 2009). Esse é o princípio fundamental desse processo de conservação e é utilizado com o fim de reduzir as perdas dos componentes voláteis ou termosensíveis e garantir que não haja condições favoráveis para o crescimento biológico ou reações químicas (RAMIREZ, 2006).

O processo de liofilização tem por objetivo estabilizar produtos (diminuição da atividade de água), por meio de uma série de operações em que o material é submetido durante o processamento: congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem (GARCIA, 2009). É o mais nobre processo conhecido de conservação de produtos biológicos, porque reúne os dois métodos mais confiáveis de conservação, a congelamento e a desidratação (RAMIREZ, 2006).

A liofilização não altera a estrutura física e química do material, mas permite a sua conservação indefinida sem a cadeia de frio, com menos de 15% de umidade e alta

estabilidade microbiológica. O encolhimento é mínimo, o aspecto, a textura, o sabor e o aroma não se perdem, mas sim, intensificam-se e mantêm as características nutricionais.

Por trabalhar com baixas temperaturas e, geralmente sob condições de vácuo, esse processo é recomendado para materiais termosensíveis, materiais biológicos (fungos, enzimas, tecidos, sangue), farmacêuticos (antibióticos, soros, vacinas), alimentos (carnes, frutas, hortaliças) e produtos químicos, gerando produtos de qualidade superior quando comparados com outras técnicas de secagem (RATTI, 2001).

Este método de secagem destaca-se por possibilitar a obtenção de produtos com elevada qualidade, relacionada à estrutura rígida causada pelo congelamento prévio à sublimação. Esta rigidez previne o colapso da matriz sólida remanescente após o processo. O resultado é uma estrutura porosa não encolhida que facilita a rápida e quase completa reidratação (LIAPIS & BRUTTINI, 1994). O estado sólido da água durante a liofilização protege a estrutura primária e minimiza mudanças na forma do produto, com redução mínima de volume. Além disso, contribui para preservar os componentes como vitaminas e minerais, bem como para manter o sabor e aroma originais (GEORGE & DATTA, 2002; RATTI, 2001).

Uma etapa adicional para a microencapsulação por liofilização que antecede o congelamento é necessária, a qual consiste da homogeneização do composto a ser encapsulado com a solução contendo o agente encapsulante.

2.5.1 Agentes encapsulantes

A escolha do carreador depende das propriedades físicas e químicas da substância de interesse, do processo de secagem e das propriedades finais desejadas. O encapsulante ideal deve apresentar baixa viscosidade em concentrações elevadas e ser de fácil manipulação durante o processo; possuir baixa higroscopicidade; não ser reativo com o material a ser encapsulado; ter habilidade de selar e reter a substância de interesse dentro da estrutura da cápsula; liberar completamente o solvente ou outro material usado durante o processo de encapsulação; ser solúvel em solventes utilizados na indústria de alimentos; apresentar boa disponibilidade e baixo custo (GHARSALLAOUI et al., 2007).

Os agentes carreadores ou material de parede, que podem ser utilizados são geralmente carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose, e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma arábica, ágar, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafina, etc.) e proteínas (glúten, gelatinas, albumina e peptídeos) (MORENO et al., 2016; EZHILARASI et al., 2013).

Dentre os principais agentes carreadores utilizados em alimentos, as maltodextrinas têm sido muito utilizadas devido a sua solubilidade em água e baixa viscosidade mesmo em soluções concentradas. Sua estrutura é composta por múltiplas unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo α (1 \rightarrow 4). Elas são classificadas por seu equivalente de dextrose (DE – dextrose equivalente), uma medida do grau de hidrólise do polímero de glicose às suas unidades monoméricas constituintes e, portanto, estão disponíveis em diferentes massas moleculares. A maltodextrina tem por característica sabor suave ou apenas moderadamente doce, apresentando boa relação entre custo e eficácia, apesar da sua capacidade de emulsão limitada e ter baixa retenção de compostos voláteis (MORENO et al., 2016).

A goma arábica é muito utilizada na indústria de alimentos por ser inodora, incolor e sem sabor, não afetando os atributos sensoriais do produto, sendo compatível com outros carboidratos, proteínas e amidos modificados, o que torna viável a mistura com outros tipos de material de parede, potencializando a microencapsulação (WANDREY et al., 2010). No processo de microencapsulação, a goma arábica é muito utilizada por sua capacidade de formar emulsões, retardando a coalescência das partículas, e por formar uma forte camada protetora, aumentando a qualidade do produto encapsulado (JAFARI et al., 2012). Devido ao alto custo do material, muitos processos de microencapsulação vêm agregando outros materiais junto à goma, principalmente os carboidratos, como maltodextrinas e amidos modificados (CHRANIOTI & TZIA, 2013).

2.5.3 Microencapsulação de compostos obtidos de resíduos

Yamashita et al. (2017) encapsularam extrato concentrado de antocianina obtido a partir de subprodutos de amora. Os pós exibiram partículas irregulares, o que é característico das partículas produzidas por liofilização. O pó formulado com maltodextrina (MD) 10DE determinou melhores resultados em todas as análises físico-químicas e foi significativamente diferente do pó 20DE. Além disso, o pó produzido com o MD 10DE possuía um diâmetro de partícula maior que o MD 20DE, além do maior teor de antocianinas, sugerindo que quanto maior o diâmetro médio da partícula, menor a área de superfície disponível para possível degradação do pó encapsulado. Além disso, a microencapsulação foi capaz de reter uma porcentagem significativa do teor de antocianinas.

Rodrigues et al. (2018) utilizaram subprodutos de jabuticaba na elaboração de microcápsulas para aplicação em gelatina e constataram que a presença de luz impactou negativamente o extrato não encapsulado, tanto em relação à cor quanto aos compostos

bioativos, enquanto as microcápsulas exibiram menor degradação, independentemente do tipo de encapsulante utilizado. A estabilidade da cor da microcápsula com maltodextrina melhorou quando incorporada em uma matriz de gelatina e foi particularmente estável quando armazenada no escuro. Os autores concluíram que a microencapsulação por liofilização pode ser indicada como um método de preservação de compostos bioativos do extrato aquoso de 'jabuticaba', possibilitando o uso do subproduto como fonte antioxidante.

No estudo de Sarabandi et al. (2018) foi avaliada a aplicação de goma arábica e maltodextrina no encapsulamento do extrato de casca de berinjela. A preservação da cor natural, maior rendimento de produção, excelentes propriedades físicas e antioxidantes levaram à seleção de amostras produzidas com maltodextrina como fonte natural de polifenóis e corantes para a fortificação de balas de goma. A avaliação sensorial das balas fortificadas com extrato livre e pós secos por pulverização indicou que a adição de 1,5% de pó melhorou as propriedades de cor e a aceitação geral do produto.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As farinhas obtidas dos resíduos (casca e semente) do processamento de lichia podem ser utilizadas na elaboração de produtos nutricionalmente mais saudáveis, reduzindo os impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado dos resíduos agroindustriais.

Os óleos obtidos da casca e da semente de lichia contêm os importantes ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico. O óleo da casca de lichia apresenta maior capacidade antioxidante e teor de carotenoides totais, em comparação ao óleo da semente.

A microencapsulação do extrato obtido da casca de lichia foi efetiva na redução de perdas de antocianinas durante o armazenamento em diferentes temperaturas, com a maltodextrina se destacando como material de parede quando comparada à goma arábica e à mistura goma arábica + maltodextrina.

REFERÊNCIAS

ALZATE, L.M.; GONZÁLEZ, D.; HINCAPIÉ, S.; CARDONA, B.L.; LONDOÑO-LONDOÑO, S.J.; JIMÉNEZ-CARTAGENA, C. The profile of bioactive substances in ten vegetable and fruit by-products from a food supply chain in Colombia. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, p. 37-43, 2017.

AQUINO, A.C.M.S.; MOES, R.S.; LEO, K.M.M.; FIGUEIREDO, A.V.D.; CASTRO, A.A. Physicalchemical and sensory characteristics of cookies formulated with acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) residues flour. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.69, n.3, 2010.

AZEREDO, H.M.C. Encapsulação: aplicação à Tecnologia de Alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 16, n.1, p. 89-97, 2005.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A; ALMEIDA, L.F.P; ENTELMANN, F.A; ALVES, A.S.R. Tipo de estaca e concentração de ácido indolbutírico na propagação da lichieira. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p. 97, 2006.

BECKER F.S.; DAMIANI, C.; MELO, A.A.M.; BORGES, P.R.S; VILAS BOAS, E.V.B. Incorporation of Buriti Endocarp Flour in Gluten-free Whole Cookies as Potential Source of Dietary Fiber, **Plant Foods for Human Nutrition**, v.69, n.4, p.344-350, 2014.

BOUAYED, J.; BOHN, T. Exogenous antioxidants—Double-edged swords in cellular redox state. Health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 3, n. 4, p. 228-37, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer**. Instrução Normativa nº 20, de 31/07/2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 7-9, 2000.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, 22 de setembro de 2005.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition reviews**, v. 56, p. 317-33, 1998.

CARDOSO, L.M.; LEITE, J.P.V.; PELUZIO, M.C.G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico Farmacêuticas**, [online], v. 40, p. 116-138, 2011.

CARDOSO, P.C.; TOMAZINI, A.P.B.; STRINGHETA, P.C.; RIBEIRO, S.M.R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 2, p. 411-416, 2011.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I.C. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v. 51, p. 15–25, 2013.

CARVALHO, K.H.; BOZATSKI, L.C.; SCORSIN, M.; NOVELLO, D.; PEREZ, E.; DALLA SANTA, H.S.; SCORSIN, G.; BATISTA, M.G. Desenvolvimento de cupcake adicionado de farinha de casca de banana: características sensoriais e químicas. **Revista de Nutrição de Araraquara**, v. 23, n. 3, 2012

CAVALCANTI, R.N.; SANTOS, D.T.; MEIRELLES, M.A.A. "Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview." **Food Research International**, v. 44, n. 2, p. 499-509, 2011.

CELLI, G.B., GHANEM, A., BROOKS, M.S. Bioactive Encapsulated Powders for Functional Foods — a Review of Methods and Current Limitations. **Food and bioprocess technology**, v. 8, n. 9, p. 1825-1837, 2015.

CELLI, G.B.; PEREIRA-NETTO, A.B.; BETA, T. Comparative analysis of total phenolic content, antioxidant activity, and flavonoids profile of fruits from two varieties of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) throughout the fruit developmental stages. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 8, p. 2442-2451, 2011.

CERQUEIRA, P.M.; FREITAS, M.C.J.; PUMAR, M.; SANTANGELO, S.B. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 21, n. 2, 2008.

CHRANIOTI, C.; TZIA, C. Arabic gum mixtures as encapsulating agents of freeze-dried fennel oleoresin products. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n.4. p.1057-1065, 2013.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. (4ª edição). Manole (Barueri – SP – Brasil), 2012.

DEL AGUILA, J.S. **Conservação pós-colheita de lichia (Litchi chinensis Sonn.)**. 2009. 162 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DESAI, K.G.H., PARK, H.J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. **Drying technology**, v. 23, n. 7, p. 1361-1394, 2005.

DHANKHAR, P. A Study on Development of Coconut Based Gluten Free Cookies. **International Journal of Engineering Science Invention**, v. 2, n. 12, p. 10–19, 2013.

EZHILARASI, P.N.; INDRANI, D.; JENA, B.C.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 513–520, 2013.

GARCIA, L.P. **Liofilização aplicada a alimentos**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Pelotas, 2009.

GARCIA-AMEZQUITA, L.E.; TEJADA-ORTIGOZA, V.; HEREDIA-OLEA, E.; SERNASALDÍVAR, S.O.; WELTI-CHANES, J. Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official methodologies, **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 67, p. 77-85, 2018.

GEORGE, J.P.; DATTA, A.K. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices, **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 89- 93, 2002.

GHARSALLAOUI, A. ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILEEY, A. SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of foods ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, p.1107-1121, 2007.

GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GOUVÊA, A.C.M.S. **Quantificação das antocianinas majoritárias do açaí por cromatografia líquida de alta eficiência.** Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Dissertação de mestrado -UFRRJ, 2010.

GURAK, P.D.; MERCADANTE, A.Z.; MIRET, M.L.G.; HEREDIA, F.J.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J. Changes in antioxidant capacity and colour associated with the formation of beta-carotene epoxides and oxidative cleavage derivatives. **Food Chemistry**, v. 147, p. 160–169, 2014.

HOLCROFT, D.M.; MITCHAM, E.J. Post-harvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 265-281, 1996.

HUBER, K.; QUEIROZ, J.H.; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R. Chemical characterization of agricultural by-products from ubá mango (*Mangifera indica* L.): a perspective for obtaining natural antioxidants. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 06, n. 01, 2012.

JAFARI, S.D.; BEHESHTI, P.; ASSADPOOR, E. Rheological behavior and stability of Dimonene emulsions made by a novel hydrocolloid (Angum gum) compared with Arabic gum. **Journal of Food Engineering**, v.109, p.1-8, 2012.

KEUTGEN, A.J.; PAWELZIK, E. Modifications of Strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4066- 4072, 2007.

KIIN-KABARI, D.; GIAMI, S.Y. Physico-Chemical Properties and in-vitro Protein Digestibility of Non-Wheat Cookies Prepared From Plantain Flour and Bambara Groundnut Protein Concentrate. **Journal of Food Research**, v.4, 2015.

KUMAR, V.; KUMAR, G.; SHARMA, P.D. Osmotic dehydration of litchi pulp as a pretreatment for drying processes. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Beijing, v. 14, n. 3, p. 146-151, Sep. 2012.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; GARCIA-PARILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2004.

LEE, S.J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K.G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum*) and thyme leaves (*Thymes vulgaris L.*) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, p. 131-137, 2005.

LEENHOUTS, P.W. Systematic notes on the Sapindaceae - Nephelieae. **Blumea**, v. 24, n. 2, p. 395 – 403, 1978.

LIAPIS, A.I.; BRUTTINI, R. **Freeze drying**. In: Handbook of industrial drying, 2.ed., v. 1, chapt. 10, p. 309-343, 1994.

LIMA, B.N.B.; LIMA, F.F.; TAVARES, M.I.B.; COSTA, A.M.M.; PIERUCCI, A.P.T.R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**. v.151.p. 293–299, 2014.

LIMA, R.A.Z.; ABREU, C.; ASMAR, S.A.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis Sonn.*) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 914-921. 2010.

LONDERO, P.M.G.; RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, 2008.

LOPES, T.J.; XAVIER, M.F.; QUADRI, M.N. Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n. 3, p. 291-297, 2007.

LOUSADA JUNIOR, J.E.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

MACAGNAN, F.T.; MOURA, F.A.; SANTOS, L.R.; BIZZANI, M.; SILVA, L.P. Caracterização nutricional e resposta sensorial de pães de mel com alto teor de fibra alimentar elaborados com farinhas de subprodutos do processamento de frutas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, n. 2, 2014.

MACHLIN, L.J.; BENDICH, A. Free radical tissue damage: protective role of antioxidants nutrients. **The FASEB Journal**, v. 1, n. 6, p. 441-445, 1987.

MARQUES, R.M. **Aproveitamento tecnológico de resíduos de acerola: farinha e barras de cereais**. Dissertação de Mestrado em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

MELO, V.D.; LAAKSOMEN, D.E. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, 2009.

MENZEL, C.M. **Lychee crop in Asia and the pacific**. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, 2002, p. 8-9.

MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: botany, cultivation and uses**. Queensland, Australia: CABI Publishing , 2005, 305p.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 411-424, 2004.

MORENO, T., DE PAZ, E., NAVARRO, I., RODRÍGUEZ-ROJO, S., MATÍAS, A., DUARTE, C., SANZ-BUENHOMBRE, M., COCERO, M. J. Spray Drying Formulation of Polyphenols-Rich Grape Marc Extract: Evaluation of Operating Conditions **and Different Natural Carriers**. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 12, p. 2046–2058, 2016.

MOTTA, E.L. **Avaliação da composição nutricional e atividade antioxidante de Litchi chinensis Sonn. (“Lichia”) cultivada no Brasil.** 2009. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

NAKASONE, H.K.; PAULL, R.E. **Tropical fruits.** Wallingford: CAB International, 1998, p. OLIVEIRA, A.C.; VALENTIM, I.B.; GOULART, M.O.F.; SILVA, C.A.; BECHARA, E.J.H.; TREVISAN, M.T.S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

ORDONEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos** - Alimentos de origem animal, Vol. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PACHECO, E. **Fibra dietética.** Boletim Informativo de la Riare, Argentina, n. 5, p. 28-40, 1995.

PELIZER, L.H.; PONTIERI, M.H.; MORAES, I.O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

PENTEADO, R.L.B. Fibras vegetais na alimentação humana. **Boletim SBCTA.** v.15, n.3 , p.279-302, 1995.

PHILIPPI, S.T. **Pirâmide dos Alimentos:** Fundamentos básicos da nutrição. Barueri: Manole, 2008.

PIMENTEL, B.C.; CELIM, A. A lichia na CEAGESP de 1999 a 2009. São Roque: Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura – HortiBrasil, 2011. Disponível em: <<https://www.hortibrasil.org.br/2016-06-03-10-49-48/artigo/a-lichia-na-ceagesp-de-1999-a-2009.html>>. Acesso em: 29/09/19.

PIOVESANA, A.; BUENO, M.M.; KLAJN, V.M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.1, p.68-72, 2013.

PIRES, M.C. **Efeito do anelamento e do paclobutrazol no florescimento e frutificação, sobrenxertia e análise sazonal de macro e micronutrientes em (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2012. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PRASAD, N.K.; YANG, B.; ZHAO, M.; WANG, B.S.; CHEN, F.; JIANG, Y. Effects of high-pressure treatment on the extraction yield, phenolic content and antioxidant activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 960-966, May 2009.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.M.; SIMAO, A.A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis* Sonn) cultivar ‘Bengal’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015 B.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C M.P.; OLIVEIRA, K.S. Constituintes químicos das frações de lichia in natura e submetidas à secagem: potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p.1174-1179, 2012.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; OLIVEIRA, K.S.; RAMOS, V.O.; FRÁGUAS, R.M. Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 163-169, 2015A.

RAMÍREZ, N.; JUAN, S. Liofilización de Alimentos, **Reciteia**, v. 6, n. 2, 2006.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 311-319, 2001.

RÉ, M.I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, n.6, p.1195- 1236, 1998.

REETZ, E.R.; KIST, B.B.; SANTOS, C.E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Brazilian fruit yearbook 2014**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015.

REZENDE, Y.R.R.S.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by

spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization, **Food Chemistry**, v.254, p. 281-291, 2018.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S.; AMANTE, E.R. Review Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products. **Food and Bioproducts Processing**, vol. 90, p. 606–614, 2012.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free radical Biology & Medicine**, v. 20, p. 933-956, 1996.

RODRIGUES, J.L. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (*Selinaceus setaceus* Rizz) do cerrado brasileiro**. 2010. 164 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RONDORURAL. **Saiba como produzir lichia, fruta que promete rentabilidade**. 2019. Disponível em: <<http://rondorural.com/2019/01/08/saiba-como-produzir-lichia-fruta-que-promete-rentabilidade>> Acesso: 01/10/2109.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

RUTZ, J.K. **Caracterização e microencapsulação de suco de pitanga roxa**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Pelotas, 2013.

SANTOS, A.B.; FERREIRA, V.P.; GROSSO, C.R.F. Microcápsulas: Uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis à oxidação óleo-resina de páprica. **Biociência e Desenvolvimento**, v.3, n.16, p. 26-30, 2000.

SARABANDI, K.; JAFARI, S.M.; MAHOONAK, A.S.; MOHAMMADI, A. Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural

antioxidant and color source, **International Journal of Biological Macromolecules**, v.140, p.59–68, 2019.

SAURA-CALIXTO, F. Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 59, n. 1, 2011.

SEIFRIED, H.E.; ANDERSON, D.E.; FISHER, E.I.; MILNER, J.A. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, p. 567- 579, 2007.

SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of Food Ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.6, p.501-547, 1993.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, E. M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **The Open Food Science Journal**, v. 4, p. 7-22, 2010.

SILVA, I.G.; ANDRADE, A.P.C.; SILVA, L.M.R.; GOMES, D.S. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, 2019.

SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C.; CARVALHO, C.M., **Lichia (Litchi chinensis Sonn.)**. In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M., 101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. Cap. 62, p. 451-458.

SMARSI, R.C.; CHAGAS, E.A.; REIS, L.L.; OLIVEIRA, G.F.; MENDONÇA, V.; TROPALDI, L.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, A.S.F. Concentrações de ácido indolbutírico e tipos de substrato na propagação vegetativa de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2008.

SMARSI, R.C.; OLIVEIRA, G.F.; REIS, L.L.; CHAGAS, E.A.; PIO, R.; MENDONÇA, V.; CHAGAS, P.C.; CURI, P.N. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de lichieira. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.129-131, 2011.

SOUZA, V.R.; PEREIRA, P.A.P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S.V.; CARNEIRO, J.D.S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

TANG, B.; XU, H.; XU, Z.; XU, C.; XU, Z.; LEI, P.; QIU, Y.; LIANG, J.; FENG, X. Conversion of agroindustrial residues for high poly(γ -glutamic acid) production by *Bacillus subtilis* NX-2 via solid-state fermentation. **Bioresource Technology**, vol. 181, p. 351-354, 2015.

WANDREY, C.; BARTKOWIAK, A.; HARDING S. E. **Materials for Encapsulation**. In: ZUIDAM, N.; NEDOVIC, V. Encapsulation technologies for active food ingredients and foods processing. Spring, New York. 2010.

YAMASHITA, C.; CHUNG, M.M.S.; SANTOS, C.; MAYER, C.R.M.; MORAES, I.C.F.; BRANCO, I.G. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying, **LWT-Food Science and Technology**, v.84, p.256-262, 2017.

ZAGO, M.F.C; CALIARI, M.; SOARES JUNIOR, M.S.; CAMPOS, M.R.H.; BATISTA, J.E.R. Jabuticaba Peel in the Production of Cookies for School Food: Technological and Sensory Aspects. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 6, p. 624– 633, 2015.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1****QUALIDADE DE FARINHAS E ÓLEOS OBTIDOS DE COPRODUTOS DE LICHIA
PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM ALIMENTOS**

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Jéssyca Santos Silva¹, Clarissa Damiani², Rafael Carvalho do Lago¹, Ana Beatriz Silva Araújo¹, Mariana Crivelari da Cunha¹, Lucas Ferreira Rodrigues¹, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹.

¹ Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia – GO, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver farinhas e extrair óleos, a partir de casca e semente oriundas do processamento de lichia, verificando a qualidade físico-química, nutricional, antinutricional, capacidade antioxidante, perfis de compostos fenólicos e ácidos graxos, visando potencial aplicação em produtos alimentícios. As farinhas elaboradas, a partir dos resíduos do processamento de lichia (casca e semente), apresentaram elevados teores de fibra alimentar, incremento nos níveis de lipídeos e proteínas, quando comparadas aos resíduos *in natura*, além de possuírem elevado teor de vitamina C e apresentarem alta capacidade antioxidante. Os níveis de taninos e inibidores de tripsina encontrados não impedem o uso das farinhas para o desenvolvimento de novos produtos. Com relação aos compostos fenólicos das farinhas, o ácido cafeico foi o majoritário na farinha da casca, enquanto a farinha da semente apresentou ácido cafeico, catequina, ácido p-cumárico e vanilina como os mais representativos. Os óleos obtidos da casca e da semente de lichia indicaram a presença de importantes ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico, além de apresentarem ausência do índice de peróxido, indicando a estabilidade oxidativa dos mesmos. A capacidade antioxidante do óleo da casca foi superior ao óleo da semente em todos os métodos avaliados. Portanto, os resíduos obtidos do processamento de lichia possuem potencial de utilização em produtos alimentícios com a finalidade de melhorar a estabilidade, enriquecer suas qualidades nutricionais, contribuindo para a redução de lixo orgânico.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn. Resíduos agroindustriais. Compostos fenólicos. Ácidos graxos.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop flour and extract oils from peel and seed derived from litchi processing, checking the physicochemical, nutritional, antinutritional quality, antioxidant capacity, phenolic compounds and fatty acids profiles, aiming potential application in products. food The flour produced from the litchi processing residues (bark and seed) presented high levels of dietary fiber, increased levels of lipids and proteins when compared to fresh residues, besides having high content of vitamin C and have High antioxidant capacity. The levels of tannins and trypsin inhibitors found do not prevent the use of flour for the development of new products. Regarding the phenolic compounds of the flour, caffeic acid was the majority in the shell flour, while the seed flour showed caffeic acid, catechin, p-coumaric acid and vanillin as the most representative. The oils obtained from the peel and litchi seed indicated the presence of important essential fatty acids, linoleic and linolenic, besides presenting absence of peroxide index, indicating their oxidative stability. The antioxidant capacity of bark oil was superior to seed oil in all evaluated methods. Therefore, residues obtained from litchi processing have potential use in food products in order to improve stability, enrich their nutritional qualities, contributing to the reduction of organic waste.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn. Agroindustrial waste. Phenolic compounds. Fatty acids.

INTRODUÇÃO

Litchi chinensis é uma espécie frutífera pertencente à família Sapindaceae, nativa da China, e encontrada amplamente distribuída em áreas tropicais e subtropicais do mundo (LIU et al., 2015). A lichia, seu fruto, possui casca vermelha, rugosa e fácil de ser retirada, polpa translúcida, doce e uma única semente, cujo tamanho e forma variam de acordo com a cultivar e que corresponde a grande fração do fruto. Quando maduros, os frutos da cv. Bengal apresentam, em média, 56% de polpa, 25% de casca e 19% de semente (PRASAD et al., 2009; LIMA et al., 2010).

Trabalhos recentes foram realizados com o objetivo de avaliar o potencial nutricional dos resíduos de lichia, com resultados indicando que a casca e a semente possuem alto potencial energético e nutricional, são ricas em fibra alimentar e antioxidantes, como ácido ascórbico, compostos fenólicos, incluindo ácido gálico e flavonoides, enfatizando-se as antocianinas (QUEIROZ et al., 2015a; JIANG et al., 2013).

Entretanto, um dos principais problemas relacionados aos resíduos do processamento de frutas é o impacto ambiental decorrente do descarte desse material. Banerjee et al. (2017), relataram que devido à elevada umidade e carga microbiana, os resíduos de frutas podem provocar poluição ambiental. Portanto, a secagem desses resíduos de frutas, para a obtenção de farinhas, pode contribuir com o enriquecimento nutricional no desenvolvimento de novos produtos, além de ser alternativa sustentável, pois minimizam a produção de lixo orgânico.

Apesar da existência de dados referentes às farinhas obtidas da casca e da semente de lichia, não foram encontrados, na literatura, dados sobre o perfil fenólico destas, bem como sobre a qualidade de óleos extraídos desses coprodutos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver farinhas e extrair óleos, a partir de casca e semente oriundas do processamento de lichia, verificando a qualidade físico-química, nutricional, antinutricional, capacidade antioxidante, perfis de compostos fenólicos e ácidos graxos, visando potencial aplicação em produtos alimentícios.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da casca e semente de lichia, elaboração de farinhas e extração de óleos

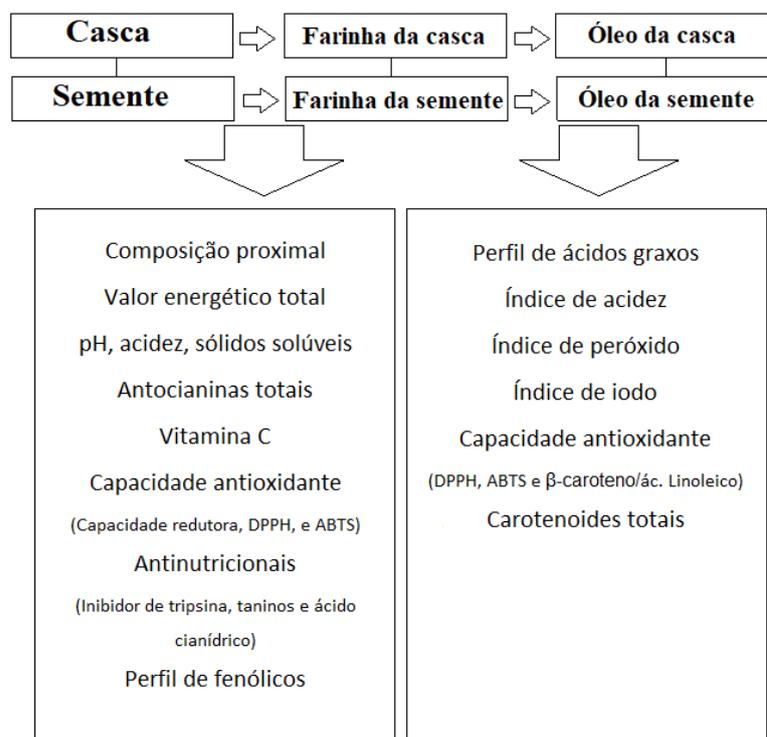
Os resíduos do processamento da lichia foram obtidos de uma fábrica de sorvetes, localizada na cidade de Goiânia - Brasil. Após o recebimento, as cascas e sementes de lichia

foram lavadas e higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 300 ppm por 30 min. Após a sanitização, a drenagem da água foi realizada, colocando as cascas e sementes em peneiras por 1 hora. Logo após, estas foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -18°C . Para a obtenção das farinhas, as cascas e sementes foram secas em estufa com circulação de ar forçado, a temperatura de $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, em seguida, foram trituradas, separadamente, em liquidificador do tipo industrial para obtenção das farinhas, que foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas no escuro, em freezer a temperatura de -18°C . Na extração dos óleos, foram utilizadas as farinhas da casca e da semente de lichia, utilizando a metodologia de Soxhlet descrita pela AOCS (AOCS, 1997), com emprego de hexano como solvente, no período de 6 horas de extração.

Análises

As análises foram realizadas nos produtos obtidos do processamento de lichia de acordo com o fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de análises realizadas nos produtos obtidos a partir dos resíduos de lichia.



Metodologia das análises

Composição proximal

A composição proximal foi realizada, conforme métodos propostos pela AOAC (2016), com exceção do teor de lipídeos totais que foi determinado pelo método de Bligh e Dyer (1959). O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa à 105°C. A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C. O teor de proteínas foi determinado pelo método de micro Kjeldahl. As fibras alimentares solúveis e insolúveis foram determinadas por método gravimétrico-enzimático com utilização de enzimas (α -amilase, protease e amiloglicosidase). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, por meio da Equação 1. Os resultados das análises foram expressos em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

$$\text{Carboidratos totais} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios}) \quad (1)$$

Valor energético total

O valor energético foi determinado por meio da utilização dos coeficientes de ATWATER (carboidratos = $4,0 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$; lipídeos = $9,0 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$; proteínas = $4,0 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) (MERRILL & WATT, 1973). Os resultados foram expressos em $\text{kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada, utilizando-se potenciômetro digital (TEC- 3MPp) calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0 , em seguida, realizou-se a leitura do pH segundo metodologia proposta pela AOAC (2016).

Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada pela titulação, com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, conforme a AOAC (2016). Os resultados foram expressos em g de ácido málico. 100g^{-1} amostra.

Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital (AR200), de acordo com método proposto pela AOAC (2016) e os resultados expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

Antocianinas totais

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método descrito por Lees e Francis (1972), com adaptações realizadas por Barcia et al. (2012). Para a extração dos compostos antociânicos, foi utilizada solução de etanol:HCL 1,5 M (85:15). A leitura da absorbância foi efetuada a 535 nm. A quantificação de antocianinas totais baseou-se no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo, que representa a principal antocianina presente em frutos. Para o cálculo, utilizou-se a Equação 2. O resultado foi expresso em mg de cianidina-3-glicosídeo. 100 g^{-1} de amostra.

$$A = \varepsilon \times C \times l \quad (2)$$

na qual: A = absorbância lida, ε = coeficiente de absorção molar, C = concentração em mol L⁻¹ e l = caminho óptico em cm.

Vitamina C

A vitamina C total foi determinada pelo método da dinitrofenilhidrazina (2,4 – DNPH), conforme Strohecker e Henning (1967). A quantificação foi realizada a 520 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico. 100g^{-1} de amostra.

Capacidade antioxidante

Preparo dos extratos

No preparo dos extratos foi utilizada a metodologia proposta por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), com adaptações. Cerca de 2,5 g de amostra foram adicionados em tubos para centrífuga, com 20 mL de metanol 50%. Após uma hora de repouso no escuro, os tubos

foram centrifugados, por 15 minutos, a 21952 g f. O sobrenadante foi reservado e foi realizada nova extração, sob as mesmas condições com 20 mL de acetona 70%. Em seguida, os dois sobrenadantes foram combinados, o volume completado para 50 mL com água destilada, em balão volumétrico e os extratos acondicionados em frascos de vidro âmbar e armazenados em freezer a -18°C. As diluições dos óleos para determinação da capacidade antioxidante foi realizada, utilizando-se álcool isopropílico.

Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade redutora dos fenólicos totais foi determinada pela redução do reagente Folin-Ciocalteu na faixa de absorção de 750nm (WATERHOUSE, 2002). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG).100g⁻¹ de resíduo. A capacidade antioxidante, analisada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi determinada de acordo com Rufino et al. (2007a). A leitura dos extratos por reação foi realizada durante 60 minutos a 515nm. Os resultados foram expressos em EC50 (g de resíduo.g⁻¹ de DPPH). A capacidade antioxidante pelo método ABTS [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)] foi determinada de acordo com metodologia descrita por Rufino et al. (2007b). A absorbância foi medida a 734 nm, no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox.grama⁻¹ de amostra. No método do sistema β-caroteno/ácido linoleico foi realizada metodologia descrita por Rufino et al (2006). Os resultados foram expressos em porcentagem de proteção.

Fatores antinutricionais

Inibidor de tripsina

A atividade do inibidor de tripsina foi determinada pelo ensaio enzimático de Kakade et al. (1974), utilizando como substrato o benzoyl-DL-arginina p-nitroanilida (BAPA), conforme descrito pela AACC (1976). O método baseia-se na quantificação de unidades de tripsina inibidas (UTI) quando o inibidor (amostra) é adicionado ao sistema enzima-substrato (tripsina-BAPA) com leitura a 410nm. Os resultados foram expressos como unidades inibitórias de tripsina (UIT).mg⁻¹ de amostra, sendo uma unidade inibitória responsável pela inibição de uma unidade de tripsina.

Taninos

O teor de taninos foi estimado, de acordo com o método da AOAC (2016). Diferentes quantidades de cada amostra, foram adicionadas à água destilada e agitadas por 30 minutos, filtradas em papel filtro qualitativo gramatura $80\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ e centrifugadas. Em seguida, acrescentados aos extratos, água destilada, solução de Folin-Denis e solução saturada de carbonato de sódio. Após deixadas reagir por 30 minutos, foi realizada leitura, em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 760 nm. Os resultados foram expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra.

Compostos cianogênicos

A presença de ácido cianídrico foi avaliada por meio do perfil fitoquímico qualitativo, utilizando papel reativo de picrato de sódio, conforme descrito por Haque e Bradbury (2002). Ao fim do teste, caso a superfície do papel apresentasse coloração avermelhada, indicaria a presença de cianeto na amostra. Para a comparação da presença de cianogênicos foi utilizada a semente de ameixa, já que a mesma apresenta glicosídeos cianogênicos precursores do ácido cianídrico (ARAÚJO, 2011).

Perfil de compostos fenólicos por CLAE-DAD/UV-Vis

Os extratos para identificação de compostos fenólicos dos resíduos do processamento de lichia (casca, farinha da casca, semente e farinha da semente) foram preparados seguindo a metodologia descrita por Ramaiya et al. (2013). Para a extração foram utilizados 2,5g de resíduo, homogeneizados em 20 mL de metanol grau HPLC 70% (v/v), durante 1 hora em banho ultrassônico, à temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado a 21952 g f durante 15 minutos à 4°C e filtrado em papel de filtro qualitativo gramatura $80\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$. Para a injeção das amostras, os extratos foram novamente filtrados, utilizando-se filtros de membrana porosa com 0,45 μm .

A quantificação e identificação dos compostos fenólicos foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-DAD/UV-Vis) modelo Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com quatro bombas de alta pressão (modelo LC-20AT), com um detector de arranjo de diodos (modelo SPD-M20A), desgaseificador (modelo DGU-20A5), interface de CBM-20A, forno CTO-20AC e amostrador automático (modelo SIL-

20A). As separações foram realizadas, utilizando coluna Shimadzu Shim-pack ODS GVP-C18 (4,6 x 250 mm, 5 mm), ligada a uma pré-coluna (Shimadzu-pack ODS GVP-C18, 4,6 x 10 mm, 5 μ m). A fase móvel consistiu de 2% (v/v) de ácido acético em água deionizada (Fase móvel A) e 70:28:2 (v/v) de metanol/água/ácido acético (Fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL.min⁻¹ com um programa de eluição de gradiente: 20% B (0-5 min), 45% B (25-43 min), 80% (50 min), 0% B (55-65 min) e tempo de execução de 65 minutos. O volume de injeção foi de 20 μ L. As análises foram determinadas a 15°C. Os compostos fenólicos foram detectados a 280 nm. As soluções padrão foram diluídas em metanol, grau HPLC e as curvas de calibração foram obtidas, a partir de injeções de dez concentrações diferentes, em duplicata. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os padrões (ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferulico, ácido trans-cinâmico, vanilina, quercetina, ácido m-cumárico, ácido p-cumárico, ácido o-cumárico). Os resultados foram expressos em mg do composto fenólico.100g⁻¹ da amostra.

Perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa (GC-FID)

A metilação dos óleos da casca e semente de lichia foi realizada de acordo com metodologia proposta pela AOCS (2013), no intuito de produzir ésteres de ácidos graxos (FAMEs). Os ésteres resultantes da etapa de esterificação foram submetidos à análise de cromatografia em fase gasosa, equipamento GC 2010 SHIMADZU com detector de ionização de chama (FID), utilizando coluna capilar (100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m). As seguintes condições cromatográficas foram utilizadas: Injetor: trabalhando no "split", com o uso de gás de arraste de hélio a uma taxa de fluxo de 1,0 ml.min⁻¹. Injetando amostra de 1 μ l com tempo de execução de 60 min. Coluna: temperatura inicial de 140 °C e manteve-se esta temperatura durante 5 minutos, elevando-se a uma taxa de 4°C min⁻¹ para 240°C. A coluna de fase estacionária compreendeu bis-cianopropilo polissiloxano. A identificação e quantificação dos ácidos graxos foram realizadas por comparação dos tempos de retenção dos ésteres contidos no padrão Supelco 37 de componentes da mistura FAME (CRM47885 - CAS 75-09-2) com as amostras.

Caracterização físico-química dos óleos

Nos óleos extraídos foram realizadas análises de acidez, segundo metodologia AOCS (1997), índice de peróxidos por kit semi-quantitativo Quantofix® peroxide (Macherey-Nagel GmbH & Co.KG, Düren, Germany) e índice de iodo determinado pelo método de Wijs de acordo com adaptação das normas da “American Oil Chemist’s Society” (AOCS, 1997).

Carotenóides totais dos óleos

A determinação de carotenóides totais foi efetuada de acordo com Higby (1962), utilizando solução extratora de álcool isopropílico:hexano (3:1). As leituras foram feitas a 450 nm e os resultados expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Análise Estatística

Os dados das análises dos resíduos de lichia foram submetidos à análise de variância, seguido de teste T a 5% de probabilidade para comparação entre casca e farinha da casca e semente e farinha da semente. Todas as análises foram realizadas com cinco repetições. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição proximal, físico-química, antocianinas totais, vitamina C, atividade antioxidante e fatores antinutricionais da casca e semente de lichia e de suas respectivas farinhas estão expostos na Tabela 1. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para casca e farinha da casca em todas as variáveis avaliadas; semente e farinha da semente também diferiram estatisticamente quanto as variáveis analisadas, à exceção de fibra alimentar solúvel, cinzas e antocianinas.

O teor de umidade reduziu de forma significativa nas farinhas, quando comparadas aos resíduos *in natura*, o que promove maior estabilidade durante o armazenamento. O aumento verificado na concentração dos demais componentes da composição proximal, valor energético, sólidos solúveis, inibidor de tripsina e taninos das farinhas, quando comparadas aos resíduos *in natura*, justifica-se, principalmente, pela concentração ocasionada pela

remoção da água na secagem. Entretanto, ressalta-se que a desidratação não foi suficiente para alterar de forma significativa os teores de fibra alimentar solúvel e cinzas da farinha de semente de lichia, em comparação à semente.

Tabela 1 - Composição proximal, físico-química, antocianinas totais, vitamina C, atividade antioxidante e fatores antinutricionais de casca e semente de lichia *in natura* e de suas respectivas farinhas.

Variáveis	Casca	Farinha Casca	Semente	Farinha semente
Umidade (g.100g ⁻¹)	43,43 a	6,30 b	51,12 a	5,38 b
Lipídeos (g.100g ⁻¹)	1,02 b	1,68 a	0,36 b	0,7 a
Proteínas (g.100g ⁻¹)	3,30 b	5,47 a	3,24 b	6,28 a
Fibra Alimentar Solúvel (g.100g ⁻¹)	3,69 b	6,41 a	0,95 a	1,83 a
Fibra Alimentar Insolúvel (g.100g ⁻¹)	38,06 b	66,08 a	21,14 b	40,92 a
Fibra Alimentar Total (g.100g ⁻¹)	41,75 b	72,49 a	22,08 b	42,75 a
Cinzas (g.100g ⁻¹)	1,56 b	2,58 a	1,35 a	2,61 a
Carboidratos Totais (g.100g ⁻¹)	50,69 b	83,97 a	43,92 b	85,03 a
Valor Energético Total (kcal.100g ⁻¹)	225,1 b	372,89 a	193,81 b	371,53 a
pH	4,04 b	4,19 a	4,67 b	4,88 a
Acidez (g ác. málico.100g ⁻¹)	0,81 a	0,64 b	0,53 a	0,36 b
SS (g.100g ⁻¹)	12,60 b	17,20 a	7,8 b	12,40 a
Antocianinas totais (mg.100g ⁻¹)	6,57 a	2,86 b	2,21 a	1,13 a
Vitamina C (mg ác. ascórbico.100g ⁻¹)	410,18 a	321,44 b	157,19 a	77,44 b
Capacidade redutora (mg EAG.100g ⁻¹)	535,32 a	519,67 b	559,47 a	532,67 b
DPPH (EC50 – g.DPPH ⁻¹)	55,36 b	60,54 a	22,43 b	35,06 a
ABTS (µmol trolox.g ⁻¹)	1551,35 a	1317,09 b	1910,83 a	1872,07 b
Inibidor tripsina (*UIT.mg ⁻¹)	0,20 b	1,22 a	0,65 b	1,75 a
Taninos (mg ácido tânico.100g ⁻¹)	50,1 b	79,59 a	50,65 b	86,03 a
Ácido cianídrico	-	-	-	-

*Unidades de inibição de tripsina.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste T a 5% de probabilidade.

Queiroz et al. (2012), ao estudarem a casca e semente de lichia, encontraram teores de lipídeos acima dos verificados nesse estudo (6,97 g.100g⁻¹ para casca e 2,77 g.100g⁻¹ para semente) e teores de proteínas superiores para casca (10,86 g.100g⁻¹) e semente de lichia (4,83 g.100g⁻¹). Os mesmos autores encontraram teores de fibra alimentar total muito inferiores aos encontrados neste estudo, com 18,21 g.100g⁻¹ para a casca e 4,07 g.100g⁻¹ para a semente, entretanto, destacaram maior teor de fibra alimentar solúvel para casca (8,24) e semente (2,35), concordando com este estudo nos maiores teores de fibra encontrados na casca, quando comparada a semente. Ainda nesse estudo, os autores verificaram valor superior ao deste estudo para cinzas da casca (2,17 g.100g⁻¹), resultado semelhante para o teor de cinzas da semente (1,44 g.100g⁻¹) e carboidratos totais de 61,11 g.100g⁻¹ para a casca e 86,63 g.100g⁻¹

¹ para a semente. Essas diferenças podem ser atribuídas à genética, à época de colheita, às condições desuniformes de clima e solo, à região da qual os frutos foram precedentes, bem como a variações no processamento, antes e após a aquisição da matéria prima.

As farinhas apresentaram redução da acidez titulável e, conseqüentemente, aumento do pH, quando comparadas aos resíduos *in natura*. Araújo et al. (2015), ao caracterizarem farinha de batata doce, também observaram redução da acidez após a etapa de secagem, e justificaram que os ácidos orgânicos se oxidam com o aumento da temperatura.

O teor de antocianinas foi significativamente reduzido na farinha da casca de lichia quando comparada à casca *in natura*, o que era esperado, uma vez que o calor provoca a degradação de compostos termolábeis, como as antocianinas (AHMED et al., 2004). Duan et al. (2007) avaliaram o teor de antocianinas da casca de lichia no dia da colheita e encontraram valores superior ao deste estudo ($20 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$). A diferença pode ser explicada pelo escurecimento da casca, muito comum em frutos de lichia após a colheita, que tem sido atribuído à rápida degradação de antocianinas e à atividade de enzimas oxidativas como polifenoloxidasas e peroxidases (LIMA et al. 2010). Entretanto, diferenças significativas não foram observadas no teor de antocianinas, entre semente e farinha da semente, talvez devido à baixa concentração de antocianinas da semente, ao contrário da casca.

Tanto a casca quanto a semente sofreram redução significativa do teor de ácido ascórbico após sua transformação em farinhas. Isso ocorre porque o ácido ascórbico é suscetível à degradação pela temperatura, pH, oxigênio e enzimas que influenciam os mecanismos de degradação, tendo sua concentração alterada, bem como a proporção de ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico (MAEDA et al., 2007). De fato, o alta temperatura usada na secagem, o aumento do pH, a descompartimentação provocada pela trituração da matéria prima e maior exposição do produto ao oxigênio conspiram a favor da degradação da vitamina C. Não obstante, apesar da redução, as farinhas da casca e semente de lichia retiveram consideráveis concentrações de vitamina C, visto que o consumo de apenas 14mg da farinha da casca e 58mg da farinha da semente seria suficiente para atender a ingestão diária recomendada de vitamina C para adultos, de 45mg (FAO, 2001).

A capacidade antioxidante foi avaliada na casca, semente e nas suas respectivas farinhas por três diferentes métodos (capacidade redutora, DPPH e ABTS). Foi observada redução na capacidade antioxidante na farinha da casca e da semente, quando comparada à casca e semente *in natura*, respectivamente, nos três métodos avaliados. De acordo com Halliwell (1996), a capacidade antioxidante, em frutas e hortaliças, está relacionada a três grandes grupos: ácido ascórbico e compostos fenólicos, como antioxidantes hidrofílicos, e

carotenoides, como antioxidantes lipofílicos, o que justifica a redução da capacidade antioxidante nas farinhas, uma vez que os teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos (Tabela 2) também apresentaram maiores resultados nos resíduos *in natura*, ressaltando que no caso do DPPH, quanto maiores os valores do EC50 menor é a capacidade antioxidante.

Os resultados obtidos para a capacidade antioxidante das farinhas da casca e semente de lichia foram superiores aos encontrados em farinhas de resíduos de outros frutos como, por exemplo, resíduos secos de maçã (374,38 mgEAG.100g⁻¹), banana (385,83 mgEAG.100g⁻¹) e melão (149,83 mgEAG.100g⁻¹) (MORAIS et al., 2015). A elevada capacidade antioxidante pode contribuir para a minimização das reações de oxidação e, conseqüentemente, preservar a qualidade e aumentar a vida útil das farinhas da casca e semente de lichia, no entanto, para melhor compreensão da capacidade antioxidante em sistemas biológicos, devem ser realizados testes de biodisponibilidade *in vivo*, além de estudos de outros compostos que possam contribuir para a capacidade antioxidante, aqui não estudados, no intuito de atestar as farinhas obtidas dos resíduos de lichia como alimentos funcionais.

Os inibidores de enzimas digestivas são encontrados com frequência nos alimentos. Entre os mais conhecidos estão os inibidores de enzimas proteolíticas, como os inibidores de tripsina. Esses compostos apresentam a especificidade de inibir as enzimas proteolíticas e, conseqüentemente, reduzem a digestão proteica dos alimentos, embora possam ser inativados pelo calor (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008; MONTEIRO et al., 2004). A secagem a 60°C da casca e da semente, para a obtenção das farinhas, não foi efetiva para reduzir ou eliminar a atividade antitriptica, uma vez que foi observado aumento da atividade nas farinhas (Tabela 1), sendo necessário, portanto, a avaliação de outros tratamentos e temperaturas para verificar o efeito na redução ou completa inativação da atividade do inibidor de tripsina. Apesar da presença de inibidores de tripsina nos resíduos e farinhas obtidos da lichia, pode-se considerar que a atividade, tanto nos resíduos quanto nas farinhas, foi consideravelmente baixa quando comparada a produtos que possuem elevada atividade antitriptica, como, por exemplo, soja (37,73 a 51,68 UIT.mg⁻¹) e feijão (8 a 10,6 UTI.mg⁻¹) (VEM et al., 2005; FROTA et al., 2018).

Embora integrem o grupo de compostos fenólicos, que apresentam propriedades antioxidantes e terapêuticas, os taninos são considerados como antinutrientes. Nas dietas para seres humanos e espécies de animais monogástricos, taninos podem reduzir a digestibilidade de proteína, carboidratos e minerais; diminuir a atividade de enzimas digestivas, além de causar danos à mucosa do sistema digestivo ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos (SREERAMA et al., 2010). Aumento significativo no teor de taninos nas farinhas submetidas

à secagem foi observado, quando comparadas aos resíduos *in natura*, que pode ter sido ocasionado pela concentração destes compostos durante a eliminação da água na etapa de secagem. A ingestão máxima de compostos fenólicos sugerida para humanos é de aproximadamente 1g dia⁻¹ (QUEIROZ et al., 2015c), portanto, as quantidades encontradas na casca e semente de lichia e suas respectivas farinhas, podem ser consideradas seguras para consumo humano, pois seria necessário o consumo entre 1 e 2 kg destes produtos para que o limite de segurança diário fosse ultrapassado, o que é bastante improvável.

Os glicosídeos cianogênicos são produtos do metabolismo das plantas, fazendo parte do mecanismo de defesa. A eles encontra-se ligado o ácido cianídrico (HCN), composto com atividade altamente tóxica que, quando liberado por ação de enzimas inerentes às plantas, pode provocar intoxicações crônicas e agudas, caso consumido ou até mesmo inalado (CHISTÉ et al., 2006; NAVES et al., 2010). Com base nos resultados deste estudo (Tabela 1), não foi detectada a presença de ácido cianídrico nas amostras analisadas, constatando-se sua segurança, com base neste composto.

A análise do perfil de fenólicos da casca e semente de lichia e suas farinhas (Tabela 2), com base em 11 padrões, indicou a presença de flavonoides (catequina) e não flavonoides (ácidos cafeico, clorogênico, gálico, p-cumárico, trans-cinâmico e vanilina). Entre os compostos da casca de lichia, destaca-se a catequina, como majoritário, seguida dos ácidos cafeico e p-cumárico. Quando avaliada a farinha obtida da casca, os teores de catequina e ácido p-cumárico reduziram significativamente, já o teor de ácido cafeico permaneceu inalterado. Com relação aos compostos fenólicos presentes na semente de lichia, o ácido cafeico apresentou maior concentração, seguido do ácido p-cumárico, os quais sofreram redução significativa na farinha obtida da semente de lichia, entretanto, foi observada nesta, a presença de catequina e vanilina, compostos não detectados na semente *in natura*.

Tabela 2 - Perfil de compostos fenólicos de casca e semente de lichia e de suas respectivas farinhas.

Composto (mg.100g⁻¹)	Casca	Farinha Casca	Semente	Farinha semente
Ácido cafeico	1,13 a	1,25 a	8,17 a	2,17 b
Catequina	4,95 a	0,33 b	-	3,29 a
Ácido clorogênico	0,11 a	0,05 b	-	-
Ácido Gálico	-	-	0,06 a	0,08 a
Ácido p-cumárico	1,34 a	0,64 b	5,05 a	1,48 b
Ácido trans-cinâmico	0,07 a	0,07 a	0,05 b	0,13 a
Vanilina	-	-	-	1,60 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste T a 5% de probabilidade.

A redução de compostos fenólicos observada nas farinhas pode ocorrer durante a etapa de secagem e pode ser atribuída ao escurecimento enzimático causado por ação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, muito comum em frutos de lichia, as quais nessa etapa, encontram condições ideais para sua atividade (SOUZA et al., 2010; ZHENG & TIAN, 2006).

O perfil de ácidos graxos dos óleos de casca e semente de lichia é apresentado na Tabela 3. A análise revelou composição rica em ácidos graxos insaturados, com 89,6% do total de ácidos graxos presentes no óleo da casca e 78,3% do total de ácidos graxos presentes no óleo da semente. No óleo da casca, o ácido linoleico apresentou maior percentual, seguido do ácido linolênico. Para o óleo da semente, o ácido linoleico foi o majoritário, seguido dos ácidos oleico, palmítico e linolênico, concordando com o estudo de Luzia e Jorge (2011) que avaliaram a fração lipídica da semente de lichia e reportaram os ácidos linoleico (64,01%), oleico (14,67%) e palmítico (9,09%) como principais ácidos graxos presentes.

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de casca e de semente de lichia.

Ácido graxo (g.100g ⁻¹)	Óleo casca	Óleo semente	IDR (g.dia ⁻¹)*
Saturados			
(C6:0) ácido capróico	0,09	-	-
(C8:0) ácido caprílico	6,89	0,17	-
(C11:0) ácido hendecanóico	-	1,75	-
(C12:0) ácido láurico	0,23	0,10	-
(C14:0) ácido mirístico	-	0,31	-
(C16:0) ácido palmítico	-	19,16	-
(C18:0) ácido esteárico	0,07	0,17	-
(C24:0) ácido lignocérico	3,13	-	-
Monoinsaturados			
(C14:1) ácido miristoléico	0,22	-	-
(C18:1) ácido oléico	-	23,5789	-
Poli-insaturados			
(C18:2) ácido linoleico	63,6071	43,9195	17 Homens/12 Mulheres
(C18:3) ácido linolênico	18,1139	9,9202	1,6 Homens/ 1,1 Mulheres
(C20:5) ácido eicosapentaenoico	7,6539	0,9195	-

*Ingestão Diária Recomendada para adultos de 19 a 50 anos - Institute of Medicine, 2006.

Os ácidos linoleico (ômega-6) e linolênico (ômega-3), presentes em quantidades significativas nos dois óleos avaliados, são considerados ácidos graxos essenciais importantes para todas as células do corpo humano, pois exercem funções necessárias ao organismo. A importância destes ácidos graxos está na sua capacidade de se transformar em substâncias

biologicamente mais ativas, com funções especiais no equilíbrio homeostático, e em componente estrutural das membranas celulares e do tecido cerebral e nervoso. Por essa razão, os ácidos graxos essenciais devem ser incluídos na dieta alimentar (SALDANHA & GONZALES, 2012). Para atender à recomendação da ingestão diária (IDR) definida pelo IOM (2006) (Tabela 3) para o ácido linoleico, é necessário o consumo de 26,7g do óleo da casca para homens e 18,9g para mulheres e de 38,7g do óleo da semente para homens e 27,3g para mulheres. Já para o ácido linolênico é necessário o consumo de 8,8g do óleo da casca para homens e 6 para mulheres e 16,1g do óleo da semente para homens e 11,1g para mulheres.

Na tabela 4 estão apresentados os dados da caracterização físico-química, teor de carotenoides totais e capacidade antioxidante dos óleos obtidos da casca e da semente de lichia.

Tabela 4 - Caracterização físico-química, capacidade antioxidante e carotenoides totais dos óleos obtidos de casca e de semente de lichia.

Variáveis	Óleo casca	Óleo semente
Índice de acidez (% ácido oleico)	4,64 ± 0,80	2,33 ± 0,17
Índice de iodo (gI ₂ .100g ⁻¹)	88,48 ± 7,17	40,10 ± 0,88
Índice de peróxido	ausente	ausente
DPPH (EC50 – g.gDPPH ⁻¹)	4,75 ± 0,52	7,54 ± 0,06
ABTS (µmol de Trolox.g ⁻¹)	2031,31 ± 3,87	618,28 ± 2,78
β-caroteno/ác. Linoleico (% proteção)	97,70 ± 0,12	97,36 ± 0,29
Carotenóides totais (mg.100g ⁻¹)	23,75 ± 0,32	2,83 ± 0,01

Na literatura não existem dados da caracterização de óleos extraídos de resíduos do processamento de lichia. O índice de acidez é um indicador da decomposição de óleos que mostra a formação de ácidos graxos livres. A composição dos ácidos graxos presentes nos óleos vegetais interfere diretamente na acidez, pois quanto mais insaturados, maiores são os riscos de oxidação e elevação do índice de acidez. Tal justificativa explica o maior índice de acidez encontrado no óleo da casca, o qual apresentou maior teor de ácidos graxos insaturados quando comparado ao óleo da semente. Os índices de acidez encontrados para os óleos da casca e da semente de lichia foram inferiores aos encontrados por Kobori e Jorge (2005) para óleo de semente de maracujá (7,35 g de ácido oleico. 100g⁻¹).

O índice de iodo está relacionado ao grau de instauração dos ácidos graxos que constituem o óleo, quanto maior a quantidade de insaturações maior será a capacidade de absorção de iodo pelo óleo. Com isso, é possível justificar o maior índice de iodo encontrado

no óleo da casca, o qual possui maior porcentagem de ácidos graxos insaturados, quando comparado ao óleo da semente. Os óleos da casca e semente de lichia apresentaram índices de iodo inferiores aos encontrados por Jorge e Luzia (2012) quando avaliaram o índice de iodo do óleo de sementes de munguba ($27,4 \text{ gI}_2 \text{ 100g}^{-1}$).

A medida do índice de peróxidos, em óleos, é utilizada como indicador dos estágios iniciais de oxidação lipídica. A ausência do índice de peróxido nos óleos da casca e semente de lichia indica sua estabilidade quanto à rancidez oxidativa.

O óleo da casca de lichia apresentou resultados de capacidade antioxidante superiores, quando comparado ao óleo da semente, a despeito método avaliado (DPPH, ABTS e β -caroteno/ác. Linoleico). Queiroz et al. (2015a), ao avaliarem a capacidade antioxidante de casca e semente de lichia *in natura* pelos métodos DPPH e sistema betacaroteno/ ácido linoleico, também constataram maiores resultados na casca quando comparada a semente. Queiroz et al. (2015b) analisaram o teor de carotenoides das farinhas de casca e semente de lichia e encontraram resultado superior para a farinha da casca em comparação com a farinha da semente, em concordância com a maior concentração deste composto no óleo na casca de lichia. Sugere-se que, a maior concentração de carotenoides totais, tenha contribuído para a maior atividade antioxidante no óleo da casca de lichia, sendo necessário, entretanto, outros estudos que avaliem a real contribuição dos carotenoides totais na atividade antioxidante dos óleos de resíduos de lichia.

CONCLUSÕES

A transformação de casca e semente de lichia em suas respectivas farinhas aumenta, de forma geral, seus compostos proximais, em função de sua concentração devido à perda de umidade provocada pela secagem e reduz os níveis de vitamina C, fenólicos e a capacidade antioxidante.

A secagem da casca e semente de lichia para obtenção das respectivas farinhas ocasiona aumento nos teores de taninos e inibidores de tripsina, entretanto, os níveis encontrados não impedem seu uso para o desenvolvimento de novos produtos, bem como no enriquecimento de alimentos.

O ácido cafeico é o composto fenólico majoritário na farinha da casca de lichia, enquanto ácido cafeico, catequina, ácido p-cumárico e vanilina, os mais representativos na farinha da semente.

Os óleos obtidos da casca e da semente de lichia contêm os importantes ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico, além da ausência do índice de peróxidos, o que indica estabilidade oxidativas.

O óleo da casca de lichia apresenta maior capacidade antioxidante e teor de carotenoides totais, em comparação ao óleo da semente.

Os resíduos obtidos do processamento de lichia possuem potencial de utilização em produtos alimentícios com a finalidade de melhorar a estabilidade, enriquecer suas qualidades nutricionais, contribuindo para a redução de lixo orgânico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG, pelo apoio financeiro, fundamental para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.; SHIVHARE, U.S.; RAGHAVAN, G.S.V. Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual colour of plum puree. **European Food Research and Technology**, v. 218, p. 525-528, 2004.

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS -. **Approved methods of the American association of cereal chemists**. 9.ed. Saint Paul, 1976.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p, 2016.

AOCS – AMERICAN OIL CHEMIST’S SOCIETY. **Official methods and recommended practices**. Champaign, 1997.

ARAÚJO, C.S.P.; ANDRADE, F.H.A.; GALDINO, P.O.; PINTO, M.S.C. Desidratação de batata-doce para produção de farinha. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 33-41, 2015.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. Viçosa: UFV, 2011. 601p.

BANERJEE, J.; SINGH, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; MACFARLANE, D.; PATTI, A.F.; ARORA, A. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. **Food Chemistry**, v. 225, p. 10–22, 2017.

BARCIA, M.T.; PERTUZATTI, P.B.; JACQUES, A.C.; GODOY, H.T.; ZAMBIAZI, R. Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

CHISTÉ, R.C.; COHEN, K.O.; MATHIAS, E.A.; RAMOA JUNIOR, A.G.A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 861-64, 2006.

DUAN, X.; WU, G.; JIANG, Y. Evaluation of the Antioxidant Properties of Litchi Fruit Phenolics in Relation to Pericarp Browning Prevention. **Molecules**, v. 12, p. 759 - 771, 2007.

FAO/OMS. **Human Vitamin and Mineral Requirements**. In: Report 7th Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 2001. Xxii, 286p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.

FROTA, K.M.C.; LOPES, L.A.R.; SILVA, I.C.V.; ARÊAS, J.A.G. Molecular profile, purity and presence of trypsin inhibitors in cowpea protein isolates. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 202-208, 2018.

HALLIWELL, B, WISEMAN, H. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. **Biochemistry Journal**. v. 313, p. 17–29, 1996.

HAQUE, M.R.; BRADBURY, J.H. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. **Food Chemistry**, v. 77, p. 107-114, 2002.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science.**, v. 27, n. 1, p. 42 – 49, 1962.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. 2006. Food and Nutrition Board. **Dietary Reference Intakes**. National Academic Press, Washington D.C.

JIANG, G.X.; LIN, S.; WEN, L.R.; JIANG, Y.M.; ZHAO, M.M.; CHEN, F.; PRASAD, K.N.; DUAN, X.W.; YANG, B. Identification of a novel phenolic compound in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp and bioactivity evaluation. **Food Chemistry**, v. 136, n. 2, p. 563-568, 2013.

KAKADE, M.L.; RACKIS, J.J.; MCGHEE, J.E., PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, v. 51, p. 376-382, 1974.

KOBORI, C.N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LEES, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analysis in Cranberries. **Hortscience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LIMA, R.A.Z.; ABREU, C.M.P.; ASMAR, S.A.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 914-921, 2010.

LIU, W.; XIAO, Z.; BAO, X.; YANG, X.; FANG, J.; XIANG, X. Identifying litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars and their genetic relationships using single nucleotide polymorphism (SNP) markers, **Plos One**, v. 10, n. 8, 2015.

LUZIA, D.M.M.; JORGE, N. Evaluating of the activity antioxidant and fatty acids profile of lychee seeds (*Litchi chinensis* Sonn.). **Nutrition Food Science**, v. 41, p. 261-267, 2011.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 313-316, 2007.

MALAVOLTA, E.; VILTTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos; 1997.

MERRILL, A.L.; WATT, B.K. **Energy value of foods: basis and derivation**. DC: United States Department of Agriculture, Washington: 1973.

MONTEIRO, M.R.P.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; PIRES, C.V.; MOREIRA, M.A. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do inibidor de tripsina kunitz e das isoenzimas lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.

MORAIS, D.R.; ROTTA, E.M.; SARGI, S.C.; SCHMIDT, E.M.; GUNTENDORFER BONAFE, E.; EBERLIN, M.N.; SAWAYA, A.; VISENTAINER, J.V. Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels, **Food Research International**, v. 77, p. 392-399, 2015.

NAVES, L.P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P. Componentes antinutricionais e digestibilidade protéica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. (Supl.1), p. 180-84, 2010.

PRASAD, N.K.; YANG, B.; YANG, S.; CHEN, Y.; ZHAO, M.; ASHRAF, M.; JIANG, Y. Identification of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities

from litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) seeds. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 116, n. 1, p. 1-7, 2009.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.A.; OLIVEIRA, K.S.; RAMOS, V.O.; FRÁGUAS, R.M. Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p.163-169, 2015a.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.M.; SIMÃO, A.A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis* Sonn) cultivar 'Bengal'. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015b.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; ROCHA, D.A.; SIMÃO, A.A.; BASTOS, V.A.A.; BOTELHO, L.N.S.; BRAGA, M.A. Anti-nutritional compounds in fresh and dried lychee fractions (*Litchi chinensis* Sonn.), **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 6, p. 499-504, 2015c.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; OLIVEIRA, K.S. Constituintes químicos das frações de lichia in natura e submetidas à secagem: potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 4, n. 4, p. 1174-1179, 2012.

RAMAIYA, S.D.; BUJANG, J.S.; ZAKARIA, M.H.; KING, W.S.; SHAFFIQ SAHRIR, M.A. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 5, p. 1198-1205, 2013.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A.J.; COSTA, N.M.B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, "Não paginado", 2007a.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007b.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; FILHO, J.M.; MOREIRA, A.V.B. **Metodologia Científica**: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β caroteno/ácido linoleico. Comunicado Técnico Embrapa. ISSN: 1679-6535, 2006.

SOUZA, A.V.; VIEITES, R.L.; KOHATSU, D.S.; LIMA, G.P.P. Tratamento térmico na manutenção da coloração de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 067-073, 2010.

SALDANHA, E.S.P.B.; GONZALES E. Enriquecimento de ácidos graxos na alimentação de poedeiras. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.

SREERAMA, Y.; NEELAM, D.A.; SASHIKALA, V.B.; PRATAPE, V.M. Distribution of nutrients and antinutrients in milled fractions of chickpea and horse gram: seed coat phenolics and their distinct modes of enzyme inhibition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4322-30, 2010.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análises de vitaminas**: métodos comprovados, Madrid: Paz Montolvo, 428 p., 1967.

VEM, C.V.D.; MATSER, A.M.; BERG, R.W.V.D. Inactivation of soybean trypsin inhibitors and lipoxygenase by high-pressure processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, n. 4, p. 1087-1092, 2005.

WATERHOUSE, A. L. **Polyphenolics**: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). Current protocols in food analytical chemistry. New York: J. Wiley and Sons, 2002.

ZHENG, X.; TIAN, S. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. **Food Chemistry**, v. 96, p. 519-523, 2006.

ARTIGO 2**EFEITO DA INCORPORAÇÃO COPRODUTOS DE LICHIA EM HAMBÚRGUERES
DE CARNE BOVINA**

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Jéssyca Santos Silva¹, Clarissa Damiani², Eduardo Ramirez Asquieri³, Fernanda Salamoni Becker², Lara Gabriella Ribeiro Nunes², Vera Lúcia de Miranda Rodrigues², Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹

¹ Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia – GO, Brasil.

³ Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, 74605-170, Goiânia – GO, Brasil.

RESUMO

Os resíduos agroindustriais oriundos de cascas e sementes, geralmente, são ricos em fibras e compostos bioativos. As farinhas da casca e semente de lichia (FCSL) demonstram possuir composições químicas e nutricionais que possibilitam suas utilizações na dieta humana e na indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi elaborar hambúrgueres com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia (5, 10, 15 e 20%), verificando a influência nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. A incorporação de FCSL em hambúrgueres de carne bovina contribuiu para o incremento dos teores de fibra alimentar, sendo que a fração solúvel apresentou médias que variaram de 0,8 a 1,43 g.100g⁻¹ e a fração insolúvel, de 1,21 a 4,49 g.100g⁻¹, acréscimo na capacidade antioxidante, e aumento nos teores de minerais, como potássio, cobre e ferro. As formulações com adição de 5 e 10 % de FCSL foram consideradas aceitas sensorialmente por parte dos consumidores. Com isso, a elaboração de hambúrgueres com adição de FCSL além de contribuir para o enriquecimento nutricional dos hambúrgueres, pode reduzir impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais. Fibra alimentar. Perfil mineral. *Litchi chinensis* Sonn.

ABSTRACT

Agroindustrial waste from bark and seeds is usually rich in fiber and bioactive compounds. Lychee bark and seed flours (FCSL) demonstrate chemical and nutritional compositions that enable their use in the human diet and the food industry. The objective of this work was to elaborate hamburgers with different inclusion levels of litchi peel and flour (5, 10, 15 and 20%), verifying the influence on the physicochemical, nutritional and sensorial characteristics. The incorporation of FCSL in beef hamburgers contributed to the increase of dietary fiber content, and the soluble fraction presented averages ranging from 0.8 to 1.43 g.100g⁻¹ and the insoluble fraction, 1.21 to 4.49 g.100g⁻¹, increased antioxidant capacity, and increased minerals such as potassium, copper and iron. Formulations with addition of 5 and 10% FCSL were considered sensory accepted by consumers. Thus, the elaboration of FCSL-added hamburgers, in addition to contributing to the nutritional enrichment of hamburgers, can reduce environmental impacts caused by improper disposal of agro-industrial waste.

Keywords: Agroindustrial waste. Dietary fiber. Mineral profile. *Litchi chinensis* Sonn.

INTRODUÇÃO

O hambúrguer é um produto cárneo que é aceito pelos consumidores em diferentes faixas etárias, por ser um produto de baixo custo, fácil preparo e com características sensoriais atrativas (ABDEL-NAEEM; MOHAMED, 2016). Entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado, obtido de carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Trata-se de produto cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado, de acordo com sua classificação (BRASIL, 2000).

A adição de fibras alimentares em alimentos consumidos frequentemente, como os produtos cárneos, pode contribuir para aumentar a ingestão diária de fibras, melhorando o apelo nutricional destes alimentos (CARVALHO et al., 2019; KEHLET et al., 2017; LÓPEZ-VARGAS et al., 2014; KTARI et al., 2014).

Os resíduos agroindustriais, oriundos de cascas, sementes e bagaços de frutas, geralmente são ricos em fibras e compostos bioativos (GARCIA-AMEZQUITA et al., 2018; ALZATE et al., 2017; SILVA et al., 2014). Pelo alto teor nutricional presente nos resíduos agroindustriais e os impactos ambientais que o descarte inapropriado dos mesmos pode causar, uma das estratégias para beneficiar a saúde dos consumidores e a melhoria do meio ambiente, seria a secagem dessas partes usualmente não comestíveis para a obtenção de farinhas, tornando-as adequadas para várias aplicações (DAMIANI et al., 2011) .

As farinhas da casca e semente de lichia (*Litchi chinensis* Sonn) demonstram possuir composições químicas e nutricionais que possibilitam sua utilização na dieta humana e na indústria de alimentos, podendo contribuir como fontes alternativas de nutrientes e substâncias bioativas. A farinha da casca de lichia apresenta elevados teores de fibras alimentares e proteínas, enquanto a farinha da semente destaca-se pelos teores de carboidratos; ambas são fontes de cobre e reúnem fitoquímicos como vitamina C, flavonoides e antocianinas, dentre outros compostos fenólicos (QUEIROZ et al., 2015).

Visando o desenvolvimento de um produto cárneo mais saudável e o aproveitamento de resíduos agroindustriais, o objetivo deste trabalho foi elaborar hambúrgueres com diferentes níveis de adição de farinha de casca e semente de lichia, verificando a influência desta adição nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos produtos desenvolvidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a condução do estudo, resíduos (casca e semente) do processamento de lichia (*Litchi chinensis* Sonn) foram fornecidos pela indústria de sorvetes Frutos do Brasil, localizada na cidade de Goiânia – GO, Brasil. Os demais ingredientes, para o desenvolvimento dos hambúrgueres, foram adquiridos no comércio local da mesma cidade.

Elaboração das farinhas de casca e de semente de lichia

Após o recebimento, as cascas e sementes de lichia foram lavadas com água e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 300 ppm por 30 min. Após a sanitização, a drenagem da solução foi realizada colocando as cascas e sementes em peneiras pelo período de 1 hora. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -18°C. Para a obtenção das farinhas, as cascas e sementes foram secas em estufa com circulação de ar forçado, a temperatura de 60±3°C por 24 horas, em seguida, foram trituradas, separadamente, em liquidificador do tipo industrial para obtenção das farinhas da casca e da semente de lichia (FCSL), sendo estas acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas no escuro, em freezer a temperatura de -18°C.

Processamento dos hambúrgueres

Para o processamento dos hambúrgueres, a carne bovina e a gordura suína foram submetidas ao processo de moagem com disco de 6 mm. Posteriormente, os ingredientes foram pesados, de acordo com a Tabela 1, e misturados manualmente. Após a mistura, foram pesadas porções de 50 g da massa cárnea, a qual foi moldada em forma própria para hambúrgueres. Os hambúrgueres crus foram acondicionados em bandejas de polietileno de alta densidade, cobertas com papel alumínio e congelados a -18°C. Os hambúrgueres foram fritos em frigideira antiaderente, a temperatura de 85°C por 5 minutos, virando-os na metade do tempo. Após a fritura, os hambúrgueres foram cortados ao meio, embalados em papel alumínio com o objetivo de conservar a temperatura até o momento da avaliação sensorial. Uma parte dos hambúrgueres fritos foi separada para a realização das análises de qualidade nutricional, físico-química, capacidade antioxidante e perfil mineral.

Tabela 1 - Formulações dos hambúrgueres produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia.

Ingredientes	Formulações (g.100g ⁻¹)			
	F1	F2	F3	F4
Carne bovina	75,49	71,89	68,61	65,65
Gordura suína	8,88	8,46	8,07	7,72
PTS*	4,44	4,23	4,04	3,86
Cebola	4,44	4,23	4,04	3,86
Pimenta do reino	2,66	2,54	2,42	2,32
Cloreto de sódio	2,31	2,20	2,10	2,01
Alho	1,33	1,27	1,21	1,16
Amido de milho	0,44	0,42	0,40	0,39
Farinha casca lichia	0,00	2,38	4,55	6,52
Farinha semente lichia	0,00	2,38	4,55	6,52
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

F1 – Hambúrguer controle. F2, F3 e F4 - Hambúrgueres elaborados com farinha de casca e semente de lichia nas porcentagens de 5, 10 e 15 % respectivamente, em relação ao peso total da formulação F1.

*PTS – proteína texturizada de soja.

Análises

Composição proximal

A composição proximal foi realizada conforme métodos indicados pelas AOAC (2016), com exceção do teor de lipídeos totais que seguiu metodologia determinada por BLIGH E DYER (1959), a qual baseou-se na mistura de três solventes: água, metanol e clorofórmio. O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa à 105°C, até peso constante. A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, considerando-se o fator de conversão para proteína de 6,25. A fibra alimentar foi determinada por método gravimétrico-enzimático com utilização das enzimas α -amilase, protease e amiloglicosidase. O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, por meio da Equação 1. Os resultados foram expressos em g.100g⁻¹.

$$\text{Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios}) \quad (1)$$

Valor energético total (VET)

O valor energético total foi calculado, por meio da utilização dos coeficientes de ATWATER (carboidratos = 4,0 Kcal/g; lipídeos = 9,0 Kcal/g; proteínas = 4,0 Kcal/g) (Merrill e Watt, 1973). Os resultados foram expressos em kcal.100g⁻¹.

Atividade de água (Aw)

A atividade de água foi determinada, utilizando-se aparelho Aqualab (Aqualab CX-2), à temperatura de 25°C.

Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada, utilizando-se potenciômetro digital (TEC-3MPp). O aparelho foi calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0, realizando-se a leitura do pH segundo metodologia proposta pela AOAC (2016).

Cisalhamento

A análise da força de cisalhamento foi realizada, utilizando-se lâmina HDP BSK/set. O texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra) operou nas seguintes condições: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm/s, com deformação de 150%. Os resultados foram expressos como força Newton (N).

Capacidade antioxidante

Preparo dos extratos

Os extratos foram obtidos a partir da homogeneização de 2,5 g de amostra com 50 mL de solução extratora hidroalcoólica (70:30 v/v). O homogenato, colocado em béqueres, foi imerso em banho ultrassônico (USC2800A, Logen scientific, São Paulo, Brasil; frequência 40Khz), durante 20 minutos à temperatura ambiente (30±3°C). Posteriormente, os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo gramatura 80g.m⁻² e armazenados em frascos de

vidro âmbar em freezer a -18°C , onde permaneceram até o momento da determinação da capacidade antioxidante.

Capacidade redutora

A capacidade redutora dos fenólicos totais foi determinada pela redução do reagente Folin-Ciocalteu na faixa de absorção de 750nm pelo método Folin-Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra.

DPPH

A determinação da capacidade antioxidante in vitro pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi realizada de acordo com Rufino et al. (2007a). A leitura dos extratos foi realizada, após 60 minutos de incubação de 0,1 mL do extrato com 3,9 mL do radical DPPH à 515nm, tempo estabelecido previamente para estabilização da absorbância. Os resultados foram expressos em EC50 (g de amostra por g de DPPH).

ABTS

A quantificação da capacidade antioxidante in vitro, pelo método ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico)), foi realizada de acordo com metodologia proposta por Rufino et al. (2007b). A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 734nm, no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. Os resultados foram expressos em μmol de equivalentes de Trolox por g de amostra.

Sistema β - caroteno/ácido linoleico

A determinação da capacidade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoleico foi realizada, segundo a metodologia descrita por Rufino et al (2006). Os resultados foram expressos em porcentagem de proteção.

Coloração

A determinação da coloração foi realizada por meio da leitura de três pontos da amostra, de três parâmetros definidos pelo sistema CIELAB. Os parâmetros L^* , a^* e b^* , fornecidos pelo colorímetro (Hunterlab, ColorQuest II) foram lidos, no qual L^* define quão clara ou escura é a amostra ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* definem a cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde, $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). O valor de Chroma foi calculado como mostrado na Equação (2), e o ângulo de saturação, tal como mostrado na Equação (3).

$$\text{Chroma (C)} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$\hat{\text{Ângulo Hue}} (^{\circ}\text{h}) = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (3)$$

Perfil mineral

A determinação dos minerais fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), foi realizada por digestão nitroperclórica de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Os resultados da concentração mineral foram expressos em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

Sensorial

A avaliação sensorial dos hambúrgueres foi realizada com 100 voluntários de consumo habitual deste produto. Foram avaliados aparência, aroma, sabor, textura, aspecto global e intenção de compra em escala hedônica de nove pontos (MEILGAARD, 2006). Os atributos foram pontuados em escala que variava de 9 = 'gostei muitíssimo' até 1 = 'desgostei muitíssimo'. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos e servidas em ordem aleatória, utilizando água entre uma amostra e outra. O projeto foi previamente encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética de estudos com seres humanos da Universidade Federal de Goiás - GO (Número do parecer: 3.276.469).

Estatística

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade para verificar se houve diferença significativa entre as formulações. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Todas as análises foram realizadas com cinco repetições. Os dados de aceitação do consumidor foram analisados, usando o mapeamento de preferência interno regular (obtido pelo PCA) para cada atributo separadamente para comparação. As análises de mapeamento de preferências foram realizadas usando o software SensoMaker (PINHEIRO; NUNES; VIETORIS, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição proximal dos hambúrgueres modificou, significativamente ($p \leq 0,05$), em função dos diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia apenas quanto aos teores de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total e carboidratos totais (tabela 2). O valor energético total não foi influenciado significativamente.

Tabela 2 - Composição proximal e valor energético total de hambúrgueres produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia.

Variáveis (g.100g ⁻¹)	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Umidade	50,65 a	50,57 a	52,18 a	52,22 a
Lipídeos	15,75 a	15,94 a	14,90 a	15,45 a
Proteínas	28,32 a	24,99 a	25,56 a	23,25 a
Fibra Alimentar Solúvel	0,80 c	1,18 b	1,13 b	1,43 a
Fibra Alimentar Insolúvel	1,21 c	3,22 b	2,87 b	4,49 a
Fibra Alimentar Total	2,01 c	4,40 b	4,00 b	5,92 a
Cinzas	3,20 a	3,30 a	3,36 a	3,12 a
Carboidratos Totais	2,07 b	5,21 ab	4,00 ab	5,96 a
Valor Energético Total*	263,36 a	264,25 a	252,35 a	255,90 a

F1 – Hambúrguer controle. F2, F3 e F4 - Hambúrgueres elaborados com farinha mista de casca e semente de lichia nas porcentagens de 5, 10 e 15 % respectivamente, em relação ao peso total da formulação F1. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. * kcal.100g⁻¹.

O teor médio de umidade dos hambúrgueres, controle e com adição de FCSL, foi de 51,41 g.100g⁻¹. Selani et al. (2016) encontraram valores pouco maiores para o teor de umidade de hambúrgueres, elaborados com adição de subprodutos de abacaxi, os quais

variaram de 53,5 a 61,8 g.100g⁻¹. O teor de lipídios dos hambúrgueres apresentou valor médio de 15,51 g.100g⁻¹. A legislação brasileira (BRASIL, 2000), que define o regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer destinado ao comércio nacional e/ou internacional, estabelece o limite máximo de 23% de lipídios, logo, os hambúrgueres elaborados neste estudo estão de acordo com a referida legislação. Apesar da redução no percentual de carne com aumento no percentual de FCSL nas formulações dos hambúrgueres, o teor de proteínas permaneceu estatisticamente inalterado, com resultado médio de 25,53 g.100g⁻¹. Os resultados para os teores de proteínas encontrados neste estudo estão dentro do mínimo estabelecido pela legislação brasileira (15%) (BRASIL, 2000).

Como esperado, a fibra alimentar dos hambúrgueres foi influenciada significativamente pelo aumento da concentração de FCSL, sendo que a formulação controle (F1) apresentou resultados significativamente menores quando comparada as demais formulações, nas três frações de fibra alimentar (solúvel, insolúvel e total). Os teores de fibra solúvel, insolúvel e total variaram de 0,8 a 1,43 g.100g⁻¹, 1,21 a 4,49 g.100g⁻¹ e 2,01 a 5,92 g.100g⁻¹, respectivamente. Os hambúrgueres com 15% de FCSL apresentaram teores de fibras superiores àqueles com 5 e 10% de FCSL. De acordo com a Resolução nº54 (BRASIL, 2012), para um produto ser considerado “fonte” em fibras, é necessário que sua formulação contenha no mínimo 3 g de fibras em 100g de produto, logo, todas as formulações dos hambúrgueres com adição de FCSL podem ser consideradas como alimentos fonte de fibras alimentares.

O aumento no teor de fibras alimentares em produtos cárneos pode trazer benefícios, como por exemplo, a redução do valor calórico por substituição de gordura, além de melhoria na textura e estabilidade (ELLEUCH et al., 2011). Quanto aos aspectos nutricionais, as fibras insolúveis, exercem função na redução do tempo de trânsito intestinal e aumento do volume fecal, levando à diminuição da constipação. Já as fibras solúveis provocam retardo no esvaziamento gástrico, na absorção da glicose e do colesterol, permitindo melhor controle dos níveis plasmáticos, promovendo redução do risco de doenças cardiovasculares e diabetes, além de contribuir com a saciedade (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004). No entanto, a porcentagem de fibra que pode ser adicionada é finita, porque pode causar alterações indesejáveis na cor e textura dos alimentos (ELLEUCH et al., 2011).

O valor médio encontrado para o teor de cinzas dos hambúrgueres foi de 3,25 g.100g⁻¹. Trevisan et al. (2016) reportaram valores semelhantes, que variaram de 2,82 e 3,24 g.100g⁻¹ para o teor de cinzas de hambúrgueres com adição de fibra de aveia. O teor de carboidratos totais dos hambúrgueres nas formulações F1, F2 e F3, com adição de 0, 5 e 10% de FCSL, respectivamente, não diferiram significativamente entre si, entretanto, a formulação F4, com

adição de 15% de FCSL foi significativamente maior ($5,96 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) quando comparada a formulação F1 ($2,07 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$). O valor energético total médio (tabela 2) dos hambúrgueres foi de $258,97 \text{ kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e não foi influenciado pela concentração de FCSL (tabela 2), embora um dos benefícios do aumento no teor de fibras alimentares em produtos cárneos possa ser a redução do valor calórico por substituição de gordura (ELLEUCH et al., 2011), não observado no presente trabalho.

Em relação às variáveis físico-químicas dos hambúrgueres, a atividade de água (A_w) não variou significativamente ($p \geq 0,05$), enquanto o pH e cisalhamento foram influenciados significativamente ($p \leq 0,05$) pela adição de FCSL (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição físico-química, cor instrumental e capacidade antioxidante de hambúrgueres produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia.

Variáveis	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
A_w	0,92 a	0,91 a	0,88 a	0,86 a
pH	6,02 a	5,96 a	5,85 b	5,77 c
Cisalhamento (N)	44,18 c	48,25 c	73,63 b	83,50 a
L	36,18 a	21,29 b	19,08 c	17,91 d
a*	8,67 d	16,49 c	17,06 b	21,39 a
b*	30,74 d	31,63 c	32,34 b	35,40 a
Chroma	31,94 d	35,67 c	36,56 b	41,36 a
°Hue	74,25 a	62,47 b	62,19 c	58,85 d
Capacidade redutora ($\text{mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	44,09 c	73,77 b	115,81 a	116,86 a
DPPH ($\text{EC}_{50} - \text{g} \cdot \text{gDPPH}^{-1}$)	2075,4 a	1802,32 b	1052,17 c	878,21 d
ABTS ($\mu\text{mol trolox} \cdot \text{g}^{-1}$)	266,02 d	467,39 c	651,99 b	699,37 a
β -caroteno/ác. Linoleico (% proteção)	80,11 c	84,26 bc	86,65 b	91,31 a

F1 – Hambúrguer controle. F2, F3 e F4 - Hambúrgueres elaborados com farinha mista de casca e semente de lichia nas porcentagens de 5, 10 e 15 % respectivamente, em relação ao peso total da formulação F1. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey

A atividade de água média dos hambúrgueres foi de 0,89, considerada alta. A maior alteração física dos alimentos em relação à água é o aumento da plastificação e da mobilidade de moléculas quanto maior a quantidade de água. Os alimentos com A_w baixa e intermediária têm textura seca, dura e/ou flexível, enquanto os alimentos com A_w alta são úmidos e macios (TSOTSAS; MUJUMDAR, 2011), o que do ponto de vista sensorial torna-se mais agradável ao paladar, quando se refere ao consumo de hambúrgueres. O valor de atividade de água, também, permite avaliar a suscetibilidade de deterioração dos alimentos e, conseqüentemente, sua vida útil. Os elevados valores encontrados nesse estudo indicam que este produto é

passível de reações químicas, enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos, no entanto, devido a sua forma de armazenamento e por serem preparados no momento do consumo, é possível minimizar esses efeitos, possibilitando a sua conservação e consumo com segurança.

O pH variou de 5,77 a 6,02 e foi significativamente menor nas formulações F3 e F4, com adição de 10 e 15 % de FCSL, respectivamente, tanto menor quanto maior a concentração de FCSL. Uma redução nos valores de pH também foi observada por García et al. (2009) quando adicionaram casca de tomate seco em hambúrgueres de carne bovina. De acordo com Terra e Brum (1988), o pH entre 5,8 a 6,2 indica que a carne está aceitável para o consumo; valores próximos a 6,4 sugerem consumo imediato e pH acima de 6,4 indica que a carne está em início de decomposição. Segundo estes parâmetros, os hambúrgueres apresentaram pH dentro dos limites da normalidade, mostrando-se adequados para consumo.

As forças de cisalhamento aumentaram de forma significativa nas formulações F3 e F4, com adição de 10 e 15% de FCSL, respectivamente, onde a F4 apresentou o maior resultado, o que significa que os hambúrgueres destas formulações apresentaram-se mais duros quando comparados aos demais. O aumento na concentração de fibra alimentar, principalmente fibra insolúvel, pode justificar o aumento na força de cisalhamento, além da granulometria das farinhas da casca e semente de lichia, que fazem com que os hambúrgueres tornem-se mais compactos e aumentem a resistência ao corte.

A coloração dos hambúrgueres foi significativamente influenciada pela quantidade de FCSL adicionada (Tabela 3). Com o aumento da concentração de FCSL foi observada redução nas variáveis L e °Hue e aumento das variáveis a*, b* e Chroma, tanto maior quanto maior a concentração de FCSL. Depreende-se, dos resultados obtidos, que a FCSL promove um produto mais escuro e de coloração mais intensa. Sugere-se que a reação de Maillard entre os carboidratos das farinhas e os aminoácidos da carne possam ter contribuído para o escurecimento dos hambúrgueres (BASTOS et al., 2014). Dados sobre a coloração de farinhas obtidas de coprodutos de lichia não foram encontrados na literatura, no entanto, sabe-se que a casca apresenta coloração vermelha devido à presença de antocianinas (ZHANG et al., 2004). Logo, a redução do °H, em função do aumento da concentração de FCSL, sugere o impacto das antocianinas desta matéria prima sobre a coloração do produto final, promovendo um produto mais alaranjado.

A capacidade antioxidante dos hambúrgueres, medida por quatro diferentes métodos (capacidade redutora, DPPH, ABTS e sistema betacaroteno/ ácido linoleico) foi influenciada de forma significativa pela adição de FCSL (Tabela 3). Para o método da capacidade redutora, os hambúrgueres apresentaram médias entre 44,09 e 116,86 mg EAG.100g⁻¹, sendo que a

amostra controle (F1) apresentou menor capacidade redutora, diferindo significativamente das amostras com adição de FCSL, enquanto as amostras com 10 e 15% de FCSL a maior capacidade redutora. Para o método DPPH, os resultados variaram de 2075,4 a 878,21; estes valores, dados em EC50, indicam o quanto de extrato é necessário para inibir em 50% a atividade do radical DPPH, logo, quanto menor o valor de EC50, maior a capacidade antioxidante do produto, portanto os hambúrgueres com adição de 5, 10 e 15% de FCSL apresentaram maior capacidade antioxidante, tanto maior quanto maior a concentração de FCSL. Na avaliação da capacidade antioxidante por meio do método ABTS, as médias variaram de 266,02 a 699,37 μmol de trolox. 100g^{-1} , aumentando de forma significativa e também dependente da concentração de FCSL. No método do sistema β -caroteno/ ácido linoleico, os hambúrgueres com adição de 10 e 15% de FCSL demonstraram maior capacidade em inibir a oxidação do ácido linoleico quando comparados com o controle, sendo a maior capacidade antioxidante determinada pela maior concentração de FCSL.

Os resultados da capacidade antioxidante dos hambúrgueres, obtidos nas diferentes metodologias, ressaltaram a contribuição acentuada da FCSL no incremento da capacidade antioxidante dos hambúrgueres, agregando-lhes, potencialmente, valor funcional. Além disso, essa ação antioxidante é importante para produtos cárneos, em razão das reações oxidativas que estão entre as principais causas de perda de qualidade nessa classe de alimentos processados, promovendo alterações indesejáveis na cor, sabor, aroma e textura. O aumento da capacidade antioxidante desses alimentos é importante para evitar que compostos, como lipídios, proteínas e pigmentos, sejam degradados (FAUSTMAN et al., 2010; BREWER, 2011).

O teor de minerais dos hambúrgueres (Tabela 4) não foi influenciado significativamente ($p \geq 0,05$) pela concentração de FCSL para os minerais cálcio, magnésio e manganês que, por sua vez, apresentaram médias de 34,74, 18,42 e 0,46 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Para os minerais fósforo e zinco, a concentração de FCSL influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) os resultados, os quais foram maiores para a formulação controle (F1), em relação às formulações que continham adição de FCSL, apresentando teores que variaram de 230,20 a 180,81 e 2,56 a 1,98 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. De acordo com o IOM (2001), a carne está entre os principais alimentos ricos em zinco, o que justifica a redução significativa dos seus níveis, uma vez que a quantidade de carne foi reduzida de forma proporcional ao aumento da concentração de FCSL na formulação dos hambúrgueres. Para o teor de fósforo, QUEIROZ et al. (2015) encontraram para as farinhas da casca e semente de lichia, respectivamente, resultados de 170 e 130 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, valores estes

inferiores ao encontrado para a formulação controle deste estudo, o que pode justificar a redução dos níveis deste mineral nos hambúrgueres com adição de FCSL.

Em relação aos teores de potássio, cobre e ferro, a amostra controle (F1) apresentou, significativamente, menores médias, quando comparada com as amostras com adição de FCSL, com resultados que variaram de 66,52 a 418,57 mg.100g⁻¹, 0,08 a 0,17 mg.100g⁻¹ e de 4,09 a 4,51 mg.100g⁻¹, respectivamente. QUEIROZ et al. (2015) encontraram teores de potássio de 540 e 600 mg.100g⁻¹ e de cobre de 1,35 e 1,77 mg.100g⁻¹ para farinha da casca e farinha da semente de lichia, respectivamente, o que justifica o acentuado aumento deste mineral nos hambúrgueres. O IOM (2001) ressalta a importância do consumo de potássio na dieta humana, o qual auxilia na manutenção de níveis mais baixos de pressão arterial, redução do risco de litíase renal, além de diminuição da perda óssea. Uma ingestão inadequada de potássio, também, pode aumentar o risco de doença cardiovascular, particularmente derrame. Para o mineral ferro, ressalta-se que apesar da redução da quantidade de carne nos hambúrgueres com adição da FCSL, não foi observada perda deste importante mineral presente em carnes vermelhas.

Tabela 4 - Teor de minerais de hambúrgueres, produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia.

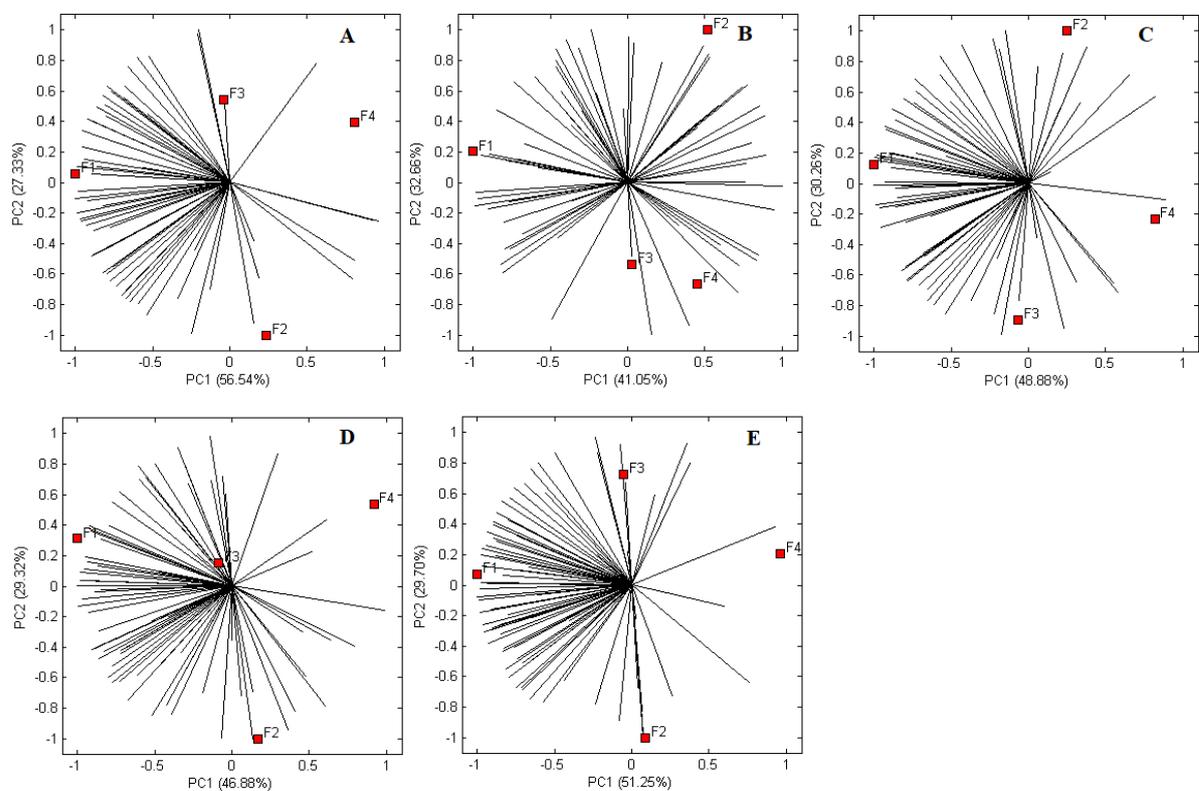
Minerais (mg.100g ⁻¹)	Formulações				IDR* (mg.dia ⁻¹)
	F1	F2	F3	F4	
P	230,20 a	190,82 b	188,99 b	180,81 b	700
K	66,52 c	374,74 b	418,57 a	417,25 a	4700
Ca	36,03 a	35,95 a	32,20 a	34,77 a	1000
Mg	15,25 a	19,36 a	19,60 a	19,47 a	310 - 420
Cu	0,08 c	0,13 b	0,13 b	0,17 a	0,9
Fe	4,09 b	4,42 a	4,54 a	4,51 a	8 a 18
Mn	0,43 a	0,47 a	0,47 a	0,48 a	1,8 - 2,3
Zn	2,56 a	2,47 b	2,42 b	1,98 c	8 a 11

F1 - Hambúrguer controle. F2, F3 e F4 - Hambúrgueres elaborados com farinha mista de casca e semente de lichia nas porcentagens de 5, 10 e 15 % respectivamente, em relação ao peso total da formulação. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. *Ingestão Diária Recomendada - Institute of Medicine, 2001.

A análise sensorial dos hambúrgueres foi realizada com 100 provadores, dos quais 43% eram do sexo masculino e 57% do sexo feminino. Em relação à faixa etária, 28% dos provadores possuíam idade entre 15 e 20 anos, 62% entre 20 e 30 anos, 6% entre 30 a 40 anos e 4% acima de 40 anos. Quanto ao consumo, 39% dos provadores disseram consumir hambúrgueres uma vez por mês, 29% quinzenalmente, 22% uma vez por semana, 4% 3 vezes por semana e 6% não consomem.

Os resultados sensoriais do mapeamento regular de preferências internas (Figura 1) indicam que, para a maioria dos atributos avaliados (aspecto global, aroma, textura e sabor), a formulação controle foi a preferida entre os consumidores, ou seja, recebeu os maiores escores hedônicos, o oposto foi observado para a formulação F4, menos preferida com os menores escores hedônicos. Em relação ao atributo aparência (Figura 1B), notavelmente, observa-se que as amostras não diferiram entre si, devido a uma ampla dispersão na resposta entre os consumidores (vetores).

Figura 1 - Mapa de preferencia interno de hambúrgueres com diferentes níveis de inclusão de farinha de casca e semente de lichia.



A: Aspecto global; B: aparência; C: aroma; D: textura; E: sabor. F1, F2, F3 e F4 representam as formulações dos hambúrgueres.

A formulação controle apresentou, para todos os atributos avaliados (aspecto global, aparência, aroma, textura e sabor), médias próximas de 7, indicando que os consumidores “gostaram moderadamente” dessa formulação. As formulações com adição de 5 e 10% de FSCL, apresentaram médias próximas de 6, apontando que os consumidores “gostaram ligeiramente” dessas formulações. Já a formulação menos aceita, com adição de 15% de FSCL, apresentou médias predominantemente em torno de 5, indicando que os consumidores

“não gostaram nem desgostaram” dessa formulação. Embora a adição de FCSL tenha reduzido as notas de avaliação sensorial, os avaliadores, em média, em nenhum momento desgostaram dos hambúrgueres com as farinhas. Além disso, os hambúrgueres controle receberam notas em torno de 7, o que pode ser ampliado com alterações na formulação padrão, o que pode contribuir, igualmente, para o incremento da aceitação dos produtos adicionados de FCSL. As menores notas dos hambúrgueres com FCSL podem ser associadas à falta de costume do consumidor com o novo produto, fato que pode ser minorado após a possível inserção do produto no mercado. A princípio, recomenda-se a inserção de até 10% de FCSL nos hambúrgueres, com o propósito de aumentar a aceitação do produto por parte do consumidor, em comparação à concentração de 15%, quanto aos aspectos sensoriais.

Associando os dados físico-químicos com os sensoriais, observa-se que as alterações na coloração dos hambúrgueres, ocasionadas pelo aumento da concentração da FCSL, não influenciaram a aparência observada pelos provadores, entretanto, as notas atribuídas para a textura e sabor demonstraram que os avaliadores preferiram os hambúrgueres considerados mais macios e menos ácidos.

CONCLUSÕES

A incorporação de FCSL em hambúrgueres de carne bovina promove um produto mais rico em fibra alimentar, potássio, cobre e ferro, com maior capacidade antioxidante, mais escuro e de coloração mais intensa.

Recomenda-se a adição de, no máximo, 10% de FCSL nos hambúrgueres, visando-se um produto com maior apelo nutricional e funcional, com aceitação sensorial por parte dos consumidores.

A elaboração de hambúrgueres com adição de FCSL pode contribuir para a redução de impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado dos resíduos agroindustriais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG, pelo apoio financeiro, fundamental para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

ABDEL-NAEEM, H.H.; MOHAMED, H.M. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. **Meat Science**, v. 118, p. 52-60, 2016.

ALZATE, L.M.; GONZÁLEZ, D.; HINCAPIÉ, S.; CARDONA, B.L.; LONDOÑO-LONDOÑO, S.J.; JIMÉNEZ-CARTAGENA, C. The profile of bioactive substances in ten vegetable and fruit by-products from a food supply chain in Colombia. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, p. 37-43, 2017.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p, 2016.

BASTOS, S.C.; PIMENTA, M.E.; PIMENTA, C.J.; REIS, T.A.; NUNES, C.A.; PINHEIRO, A.C.; FABRÍCIO, L.F.; LEAL, R.S. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technol**, v. 51, n.9, p.2046–2053, 2014.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of biochemistry and physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília - DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2000). **Instrução Normativa Nº 20, de 31 de Julho de 2000**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hamburger, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. República Federativa do Brasil.

BREWER, M.S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 221-247, 2011.

CARVALHO, L.T.; PIRES, M.A.; BALDIN, J.C.; MUNEKATA, P.E.S.; CARVALHO, F.A.L.; RODRIGUES, I.; POLIZER, Y.J.; MELLO, J.L.M.; LAPA-GUIMARÃES, J.; TRINDADE, M.A. Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. **Meat Science**, v. 147, p. 53-59, 2019.

CUMMINGS, J.H.; EDMOND, L.M.; MAGEE, E.A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fibre concept. **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, n. 2, p. 5-17, 2004.

DAMIANI, C.; SILVA, F.A.; RODOVALHO, E.C.; BECKER, F.S.; ASQUIERI, E.R.; OLIVEIRA, R.A.; LAGE, M.E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 657-662, 2011.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, p. 411-421, 2011.

FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 1, p. 86-94, 2010.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2014.

GARCIA-AMEZQUITA, L.E.; TEJADA-ORTIGOZA, V.; HEREDIA-OLEA, E.; SERNASALDÍVAR, S.O.; WELTI-CHANES, J. Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official methodologies, **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 67, p. 77-85, 2018.

GARCÍA, M.L.; CALVO, M.M.; SELGAS, M.D. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, p. 45-49, 2009.

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes**. National Academic Press, Washington D.C, 2001.

KEHLET, U.; PAGTER, M.; AASLYNG, M.D.; RABEN, A. Meatballs with 3% and 6% dietary fibre from rye bran or pea fibre - effects on sensory quality and subjective appetite sensations. **Meat Science**, v. 125, p. 66-75, 2017.

KTARI, N.; SMAOUI, S.; TRABELSI, I.; NASRI, M.; BEN SALAH, R. Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 521-525, 2014.

LÓPEZ-VARGAS, J.H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.Á.; VIUDA-MARTOS, M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science**, v. 97, p. 270-276, 2014.

MALAVOLTA, E.; VILTTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**, 2ª ed. CRC Press - Taylor & Francis Groups, 2006.

MERRILL, A.L.; WATT, B.K. **Energy value of foods: basis and derivation**. DC: United States Department of Agriculture, Washington, 1973.

PINHEIRO, A.C.M.; NUNES, C.A; VIETORIS, V. **SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products**. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n.3, p. 199-201, 2013.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.M.; SIMAO, A.A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis* Sonn) cultivar ‘Bengal’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: **Comunicado Técnico Embrapa**, “Não paginado”, 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Fortaleza, CE: **Comunicado Técnico Embrapa**, “Não paginado”, 2007b.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β caroteno/ácido linoleico. **Comunicado Técnico Embrapa**. ISSN: 1679-6535, 2006.

TERRA, N. N.; BRUM, M. A. R. **Carne e seus derivados**: técnicas de controle de qualidade. São Paulo: Nobel, 119 p, 1988.

TREVISAN, Y.C.; BIS, C.V.; HENCK, J.M.; BARRETTO, A.C.S. Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p.1-8, 2016.

TSOTSAS, E.; MUJUMDAR, A.S. **Modern Drying Technology** - Volume 3: Product Quality and Formulation. 1st ed. New York: Wiley, 2011.

SELANI, M.M.; SHIRADO, G.A.N.; MARGIOTTA, G.B.; SALDANÃ, E.; SPADA, F.P.; PIEDADE, S.M.S.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69-76, 2016.

SILVA, L.M.; DE FIGUEIREDO, E.A.; SILVA RICARDO, N.M.; VIEIRA, I.G.; DE FIGUEIREDO, R.W. ; BRASIL, I.M.; GOMES, C.L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil, **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.M.; SIMÃO, A.A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis* Sonn) cultivar 'Bengal'. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015.

WATERHOUSE, A.L. **Polyphenolics**: determination of total phenolics. In: Wrolstad, R.E. (Ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: J. Wiley and Sons. 2002.

ZHANG, Z.; PANG, X.; YANG, C.; JI, Z.; JIANG, Y. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. **Food Chemistry**, v.84, p. 601-604, 2004.

ARTIGO 3**QUALIDADE NUTRICIONAL, FÍSICO-QUÍMICA, PERFIL MINERAL E
AVALIAÇÃO SENSORIAL DE COOKIES COM FARINHA DE SEMENTE DE
LICHIA**

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Jéssyca Santos Silva¹, Clarissa Damiani², Eduardo Ramirez Asquieri³, Fernanda Salamoni Becker², Adriane Andrade de Carvalho², Renata Ferreira Borges², Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹

¹ Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia – GO, Brasil.

³ Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, 74605-170, Goiânia – GO, Brasil.

RESUMO

Dentre as várias alternativas já existentes para evitar o descarte inapropriado e desperdício de partes usualmente não consumíveis (casca e sementes) de frutas, destaca-se o aproveitamento para a produção de farinhas. A farinha da semente de lichia (FSL) destaca-se pelos teores de carboidratos, minerais e pela presença de fitoquímicos, como vitamina C e flavonoides, dentre outros fenólicos, podendo contribuir como fonte alternativa de nutrientes e compostos bioativos por meio da sua incorporação em alimentos, como os cookies. Visando o desenvolvimento de produtos nutricionalmente mais saudáveis e o aproveitamento de resíduos agroindustriais, o objetivo deste trabalho foi elaborar cookies com adição de diferentes níveis de farinha de semente de lichia, verificando o efeito nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. A adição de FSL nos cookies contribuiu para o incremento dos teores de fibra alimentar insolúvel, o qual variou de 4,70 a 10,19 g.100g⁻¹, da capacidade antioxidante e da composição mineral. As formulações que continham FSL foram consideradas sensorialmente iguais à formulação controle por porte dos avaliadores. A elaboração de cookies com adição de FSL demonstrou contribuir para a elaboração de produtos nutricionalmente mais saudáveis, além de reduzir impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado dos resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn. Resíduos agroindustriais. Fibra alimentar. Atividade antioxidante.

ABSTRACT

Among the various alternatives already available to avoid the improper disposal and waste of usually non-consumable parts (peel and seeds) of fruit, the use of flour production stands out. The litchi seed flour (FSL) stands out for its carbohydrate, mineral content and the presence of phytochemicals, such as vitamin C and flavonoids, among other phenolics, and can contribute as an alternative source of nutrients and bioactive compounds through its incorporation in foods like cookies. Aiming at the development of nutritionally healthier products and the utilization of agro-industrial residues, the objective of this work was to elaborate cookies with addition of different levels of litchi seed flour, verifying the effect on the physicochemical, nutritional and sensorial characteristics. The addition of FSL in cookies contributed to the increase of insoluble dietary fiber content, which ranged from 4.70 to 10.19 g.100g⁻¹, antioxidant capacity and mineral composition. The formulations containing FSL were considered sensorially equal to the control formulation by size of the evaluators. The preparation of cookies with the addition of FSL has been shown to contribute to the development of nutritionally healthier products, as well as reducing environmental impacts caused by improper disposal of agro-industrial waste.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn. Agroindustrial residues. Dietary fiber. Antioxidant activity.

INTRODUÇÃO

Litchi chinensis Sonn é uma espécie frutífera tropical a subtropical, pertencente à família Sapindaceae, originária do sudeste da Ásia, cujos frutos, conhecidos como lichia, têm sido amplamente difundidos em diversos países, inclusive no Brasil. A polpa da lichia é a parte comestível que pode ser consumida fresca ou processada, enquanto a casca e semente são descartadas e, portanto, consideradas resíduos (QUEIROZ et al., 2015).

Dentre as várias alternativas já existentes para evitar o descarte inapropriado e desperdício de partes usualmente não consumíveis (casca e sementes) de frutas, destaca-se o aproveitamento para a produção de farinhas (BRITO et al., 2019; RESENDE; FRANÇA; OLIVEIRA, 2019; LEÃO et al., 2017; SOQUETTA et al., 2016) que podem ser aplicadas em diversos produtos, tais como bolos, pães e cookies (FOSTE et al., 2019; COELHO et al., 2017; FERREIRA et al., 2015).

A farinha da semente de lichia destaca-se pelos teores de carboidratos, além de ser fonte do mineral cobre e possuir a presença dos fitoquímicos vitamina C e flavonoides, dentre outros compostos fenólicos. Logo, a farinha da semente de lichia demonstra possuir composição química e nutricional que possibilita sua utilização na dieta humana, podendo contribuir como fonte alternativa de nutrientes, por meio da incorporação em alimentos como pães, bolos e biscoitos (QUEIROZ et al., 2015).

Os biscoitos tipo “*cookie*” são um dos produtos de panificação mais populares e versáteis em todo o mundo devido ao seu custo acessível, sabor variado, conveniência e prazo de validade relativamente longo (WANG; LI; GAO, 2014). Podem servir como veículo eficaz de nutrientes ao consumidor e são produzidos a partir de três ingredientes principais: farinha, gordura e açúcar (JAN; PANESAR; SINGH, 2018). Eles são tradicionalmente produzidos a partir de trigo mole, com baixo teor de proteínas e textura macia, o que confere fraca rede de glúten e baixas propriedades de hidratação aos biscoitos (MA; BAIK, 2018).

Diante do exposto, visando o desenvolvimento de produtos nutricionalmente mais saudáveis e o aproveitamento de resíduos agroindustriais, o objetivo deste trabalho foi elaborar cookies com adição de diferentes níveis de farinha de semente de lichia, em substituição à farinha de arroz e amido de milho, verificando o efeito nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos produtos desenvolvidos.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes obtidas do processamento de lichia (*Litchi chinensis* Sonn) foram fornecidas pela indústria Frutos do Brasil, localizada na cidade de Goiânia – GO, Brasil. Os demais ingredientes, para o desenvolvimento dos cookies foram adquiridos no comércio local da mesma cidade.

Elaboração da farinha de semente de lichia (FSL)

Após o recebimento, as sementes foram lavadas com água e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 300 ppm por 30 min. Após a sanitização, foi feita a drenagem da solução, colocando as sementes em peneiras pelo período de 1 hora, sendo estas, posteriormente, acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -18°C. Posteriormente, as sementes foram secas em estufa com circulação de ar forçado, à temperatura de $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, em seguida, foram trituradas em liquidificador do tipo industrial para obtenção da farinha, a qual foi acondicionada em saco de polietileno de baixa densidade e armazenada no escuro, em freezer a temperatura de -18°C até posterior utilização.

Processamento dos Cookies

Os cookies foram elaborados de acordo com o método 10-54 da American Association of Cereal Chemists (AACC), com algumas modificações. Foram elaboradas 5 formulações (Tabela 1) com diferentes concentrações da FSL (0, 5, 10, 15 e 20%). A FSL utilizada na elaboração dos cookies foi obtida em peneira de 100 mesh, com diâmetro de abertura de 0,149.

Primeiramente, os ingredientes foram selecionados e pesados de acordo com as proporções apresentadas na Tabela 1, substituindo-se, parcialmente, a farinha de arroz e amido de milho por FSL. A mistura dos ingredientes foi realizada de forma manual até se obter massa homogênea, a qual foi aberta em mesa de aço inox com auxílio de rolo plástico até a espessura de 5 mm. Posteriormente, foi feita a moldagem dos cookies, utilizando-se cortador de formato circular com diâmetro de 60 mm. Os cookies foram assados em forno elétrico a 200°C, por 15 minutos, arrefecidos sob temperatura ambiente e separados em três partes, onde a primeira foi embalada em bandejas de isopor envoltas por filme de policloreto

de vinila (PVC) e imediatamente levadas para realização da análise sensorial, a segunda foi separada para realização das análises de cor e textura e a terceira parte foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade e congelada em freezer a -18°C até a determinação das análises de qualidade nutricional, físico-química, capacidade antioxidante e perfil mineral.

Tabela 1 - Formulações dos cookies desenvolvidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de semente de lichia.

Ingredientes	Formulações ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)				
	F1	F2	F3	F4	F5
Farinha de arroz (70%) e amido de milho (30%)	38	36,1	34,2	32,3	30,4
Farinha semente Lichia	0	1,9	3,8	5,7	7,6
Açúcar mascavo	19	19	19	19	19
Água	23	23	23	23	23
Óleo de soja	11	11	11	11	11
Cacau em pó	7	7	7	7	7
Essência de baunilha	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Bicarbonato de sódio	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Cloreto de sódio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

F1 – Cookie controle. F2, F3, F4 e F5 - Cookies elaborados com farinha de semente de lichia nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20% respectivamente, em substituição à farinha de arroz e amido de milho.

Análises

Composição proximal

A composição proximal foi realizada conforme métodos recomendados pela AOAC (2016), exceto para o teor de lipídeos totais que seguiu diretrizes determinadas por Bligh e Dyer (1959), utilizando mistura de três solventes: água, metanol e clorofórmio. O teor de umidade foi efetuado por secagem em estufa à 105°C . A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C . A composição de proteínas foi determinada pelo método de Kjeldahl, considerando-se o fator de conversão para proteína de 6,25. As fibras solúveis e insolúveis foram determinadas por método gravimétrico-enzimático com utilização de enzimas (α -amilase, protease e amiloglicosidase). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, por meio da Equação 1. Os resultados das análises de composição proximal foram expressos em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

$$\text{Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios}) \quad (1)$$

Valor energético total

O valor energético total (VET) foi calculado utilizando-se dos coeficientes de ATWATER (carboidratos = 4,0 kcal/g; lipídeos = 9,0 kcal/g; proteínas = 4,0 kcal/g) (MERRILL; WATT, 1973). Os resultados foram expressos em kcal por 100g.

Atividade de água

A atividade de água (A_w) foi determinada, utilizando-se aparelho Aqualab (Aqualab CX-2), à temperatura de 25°C.

Potencial hidrogeniônico

A determinação do pH foi realizada, utilizando-se potenciômetro digital (TEC-3MPp), o qual foi calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0; em seguida, realizou-se a leitura do pH das amostras, segundo metodologia proposta pela AOAC (2016).

Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada pela titulação, com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, conforme a AOAC (2016). Os resultados foram expressos em g de amostra por 100g.

Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital (AR200), de acordo com método proposto pela AOAC (2016) e os resultados expressos em %.

Cisalhamento

A força de cisalhamento foi determinada, utilizando lâmina HDP BSK/set, com o equipamento (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra) operando nas seguintes

condições: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm/s, com deformação de 150%. Os resultados foram expressos em força Newton (N).

Capacidade antioxidante

Preparo dos extratos

Os extratos foram preparados homogeneizando 2,5 g de amostra com 50 mL de solução extratora hidroalcoólica (70:30 v/v). O homogenato foi colocado em béqueres e imerso em banho ultrassônico (USC2800A, Logen scientific, São Paulo, Brasil; frequência 40Khz), durante 20 minutos à temperatura ambiente ($30\pm 3^{\circ}\text{C}$). Em seguida, os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo gramatura $80\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ e armazenados em frascos de vidro âmbar em freezer a -18°C , onde permaneceram até o momento da determinação da capacidade antioxidante.

Capacidade redutora

A capacidade redutora foi determinada pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelo método Folin-Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002). A leitura foi realizada à 750nm e os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra.

DPPH

A determinação da capacidade antioxidante pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi realizada de acordo com Rufino et al. (2007a). A leitura dos extratos foi realizada à 515nm, após 60 minutos de incubação de 0,1 mL do extrato com 3,9 mL do radical DPPH, tempo previamente determinado para estabilização da absorbância. Os resultados foram expressos em EC50 (g de amostra por g de DPPH).

ABTS

A capacidade antioxidante pelo método ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)), foi determinada à 734nm de acordo com metodologia descrita por Rufino et

al. (2007b). A leitura da absorbância foi medida no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. Os resultados foram expressos em μmol de equivalentes de Trolox por grama de amostra.

Sistema β -caroteno/ácido linoleico

A metodologia utilizada na determinação da capacidade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoleico foi descrita por Rufino et al (2006). A absorbância foi quantificada em espectrofotômetro a 470nm, nos tempo 0 e durante 2h em banho-maria a 40°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de proteção.

Perfil mineral

A quantificação dos minerais fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foi determinada pelo método da digestão nitroperclórica, de acordo com Malavolta et al. (1997). Os resultados foram expressos em $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$.

Sensorial

A avaliação sensorial dos cookies foi realizada com 100 provadores não treinados. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos, e servidas em ordem aleatória, utilizando água entre uma amostra e outra. Foram avaliados aparência, aroma, sabor, textura e aspecto global em escala hedônica de nove pontos (MEILGAARD, 2006). Atributos foram pontuados em escala que variava de 9 = 'gostei muitíssimo' até 1 = 'desgostei muitíssimo'. As amostras, codificadas com números aleatórios de três dígitos foram servidas em ordem aleatória, utilizando água entre uma amostra e outra. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética de estudos com seres humanos da Universidade Federal de Goiás - GO, com parecer número 3.276.469.

Estatística

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade para verificar a existência de diferença significativa entre as

formulações. Todas as análises foram realizadas com cinco repetições e as análises estatísticas realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Os dados de aceitação do consumidor foram analisados usando o mapeamento de preferência interno regular para cada atributo separadamente para comparação, utilizando o software SensoMaker (PINHEIRO; NUNES; VIETORIS, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição proximal (Tabela 2) dos cookies elaborados com adição de diferentes níveis de FSL foi influenciada, significativamente ($p \leq 0,05$), para os teores de umidade, fibra alimentar insolúvel e carboidratos totais. Os cookies não diferiram quanto aos teores de lipídeos, proteínas e cinzas, a despeito da formulação utilizada, com valores médios de 15,76 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, 7,14 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e 1,81 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 2 - Composição proximal e valor energético total de cookies desenvolvidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de semente de lichia.

Variáveis ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	Formulações				
	F1	F2	F3	F4	F5
Umidade	9,44 a	6,93 b	6,87 b	6,25 c	6,13 c
Lipídeos	15,26 a	15,50 a	15,36 a	16,30 a	16,37 a
Proteínas	7,51 a	7,47 a	6,93 a	7,02 a	6,75 a
Fibra Alimentar Solúvel	2,17 a	1,76 a	1,61 a	1,50 a	1,42 a
Fibra Alimentar Insolúvel	4,70 b	7,34 ab	8,01 ab	8,14 ab	10,19 a
Fibra Alimentar Total	6,87 a	9,10 a	9,62 a	9,64 a	11,61 a
Cinzas	1,88 a	1,86 a	1,80 a	1,79 a	1,73 a
Carboidratos Totais	65,91 b	68,25 a	69,04 a	68,65 a	69,02 a
Valor Energético Total*	431,06 c	442,36 b	442,09 b	449,37 ab	450,41 a

F1 – Cookie controle. F2, F3, F4 e F5 - Cookies elaborados com farinha de semente de lichia nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20% respectivamente, em substituição à farinha de arroz e amido de milho. * $\text{kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os cookies apresentaram médias de umidade entre 9,44 e 6,13 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, sendo que os cookies controle apresentaram maior teor de umidade que aqueles com adição de 5 e 10% de FSL, que não diferiram entre si e apresentaram teor de umidade significativamente superior àqueles com adição de 15 e 20% de FSL. A redução no teor de umidade observada nestes produtos pode aumentar a estabilidade no armazenamento e, conseqüentemente, a vida útil dos cookies.

Para o teor de fibra alimentar total e solúvel dos cookies, as médias obtidas foram de 9,37 e 1,69 g.100g⁻¹, respectivamente, as quais não foram influenciadas ($p \geq 0,05$) pela concentração de FSL. Já a fibra alimentar insolúvel da formulação F1 (4,70 g.100g⁻¹), diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) da formulação F5 (10,19 g.100g⁻¹). De acordo com a Resolução nº54 (BRASIL, 2012), para um produto ser considerado “rico” em fibras, é necessário que sua formulação contenha 6 g de fibras em 100g, para alimentos sólidos. Portanto, os cookies desenvolvidos podem ser considerados como alimentos ricos em fibras. Uma dieta rica em fibras é uns dos maiores interesses da população, pois estão associadas à saúde do cólon, diminuindo a incidência de diabetes, pressão alta, níveis elevados de colesterol, além de auxiliar no trânsito intestinal (MCRAE, 2017).

Para os carboidratos totais, as médias variaram de 65,91 a 69,02 g.100g⁻¹. A formulação controle (F1) apresentou, significativamente, menor teor de carboidratos, quando comparada às formulações com adição de FSL, as quais não diferiram entre si. O aumento no teor de carboidratos pode ter contribuído para o aumento no valor energético total, o qual variou de 431,06 a 450,41 kcal.100g⁻¹. Becker et al. (2014)~, ao desenvolverem cookies com adição de farinha do endocarpo de buriti em substituição à farinha de arroz e amido de milho, encontraram para substituição de até 10%, valores semelhantes para o teor de carboidratos totais (61,59 a 65,16 g.100g⁻¹) e resultados pouco inferiores para o valor energético total (404,32 a 414,28 kcal.100g⁻¹).

A composição físico-química dos cookies (Tabela 3) foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pela concentração de FSL para as variáveis pH, acidez titulável, sólidos solúveis e força de cisalhamento. A atividade de água não foi influenciada significativamente ($p \geq 0,05$) pela concentração de FSL e apresentou valor médio abaixo de 0,60, sendo possível, portanto, garantir a segurança microbiológica dos cookies durante o armazenamento, em condições adequadas de embalagem e temperatura (PITTIA; ANTONELLO, 2016).

O pH dos cookies apresentou redução dependente do aumento da concentração de FSL, variando de 9,21 a 8,68, sendo considerados produtos não ácidos (UCHOA et al., 2009). A acidez titulável apresentou comportamento inverso, ou seja, aumentou com o aumento da concentração de FSL e variou de 0,68 a 1,03 g.100g⁻¹, embora, estatisticamente, a formulação controle tenha diferido apenas das formulações com adição de 15 e 20% de FSL. Observou-se aumento no teor de sólidos solúveis dos cookies com o aumento da concentração de FSL, o qual variou de 23,67 a 30,00 %, sendo que os cookies controle (F1) diferiram significativamente daqueles com adição de 15 e 20% de FSL, os quais não diferiram entre si.

O aumento no teor de carboidratos totais pode ter influenciado o acréscimo no teor de sólidos solúveis totais.

Tabela 3 - Composição físico-química e capacidade antioxidante de cookies produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de semente de lichia.

Parâmetros	Formulações				
	F1	F2	F3	F4	F5
Aw	0,54 a	0,46 a	0,45 a	0,43 a	0,42 a
pH	9,21 a	9,15 b	9,06 c	8,77 d	8,68 e
Acidez (g.100g ⁻¹)	0,68 b	0,79 ab	0,85 ab	0,97 a	1,03 a
Sólidos solúveis (%)	23,67 c	26,00 bc	26,00 bc	27,00 ab	30,00 a
Cisalhamento (N)	73,37 b	77,53 b	78,67 b	84,48 b	113,55 a
Capacidade redutora	57,02 e	67,41 d	87,32 c	110,59 b	118,49 a
DPPH	1354,09 a	640,44 b	334,08 c	235,16 d	129,01 e
ABTS	1004,47 e	1137,42 d	1378,13 c	1810,13 b	3311,95 a
β-caroteno/ác. linoleico	83,50 b	86,21 ab	86,32 ab	88,82 a	89,03 a

F1 – Cookie controle. F2, F3, F4 e F5 - Cookies elaborados com farinha de semente de lichia nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20% respectivamente, em substituição à farinha de arroz e amido de milho. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

A força de cisalhamento necessária para ocasionar a quebra dos cookies aumentou de forma significativa nos cookies com adição de 20% de FSL, em comparação aos demais, variando de 73,37 a 113,55 N. Sugere-se que o aumento no teor de fibra alimentar insolúvel e redução do teor de umidade (Tabela 2) possam ter contribuído para o aumento da resistência ao corte dos cookies. Isso ocorre devido ao aumento da capacidade de retenção de água com o aumento da adição de fibras, envolvendo uma quantidade maior de perda de água durante o forneamento, aumentando a perda de peso e a dureza (MILDNER-SZKUDLARZ et al., 2016).

A capacidade antioxidante dos cookies para os quatro métodos avaliados (Capacidade redutora, DPPH, ABTS e β-caroteno/ác. linoleico) foi influenciada de forma significativa ($p \leq 0,05$) pela concentração de FSL.

Para o método da capacidade redutora (CR), os resultados aumentaram de forma significativa de acordo com o aumento da concentração de FSL e variaram de 57,02 a 118,49 mg EAG.100g⁻¹. O método da CR determina fenóis a partir da interação oxidação/redução e, possivelmente, quelantes de metais. Entretanto, o resultado final pode sofrer interferências devido à presença de constituintes antioxidantes não fenólicos e substâncias redutoras, como o ácido ascórbico, glicose, frutose e sulfitos, além de alguns aminoácidos e proteínas (Peterson, 1979).

O aumento na concentração de FSL aumentou de forma significativa a capacidade antioxidante no método DPPH, no qual os resultados encontrados variaram de 1354,09 a 129,01 EC50 (g.DPPH⁻¹). Neste método, a capacidade antioxidante corresponde à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante, sendo denominada concentração eficiente (EC50), também chamada de concentração inibitória (IC50). Logo, quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua EC50 e, conseqüentemente, maior a sua atividade antioxidante (SOUSA et al., 2007).

No método ABTS, assim como os demais citados, a capacidade antioxidante aumentou de forma significativa conforme aumentava-se a concentração de FSL. Neste método foram encontradas médias que variaram de 1004,47 a 3311,95 µmol de trolox.100g⁻¹. O radical livre ABTS•⁺ é gerado pela oxidação do ABTS, o qual se reduz na presença de antioxidantes doadores de hidrogênio, tendo em vista que depende da atividade e concentração do antioxidante em ação, bem como da duração da reação (GIADA; MANCINI-FILHO, 2004).

No método do sistema β-caroteno/ác. linoleico, os cookies controle (F1) apresentaram, significativamente, menor atividade antioxidante, quando comparados com aqueles com adição de 15 e 20% de FSL, embora os cookies adicionados de FSL não tenham diferido entre si. Os resultados variaram de 83,50 a 89,03% de proteção da oxidação. Este método baseia-se na oxidação (descoloração) do β-caroteno, induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico, ou seja, o método avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

Em relação à composição mineral dos cookies (Tabela 4), com exceção do magnésio, o qual apresentou valor médio de 33,91 mg.100g⁻¹, os demais minerais foram influenciados significativamente (p≤0,05) pela concentração de FSL. Cookies com adição de 20% de FSL apresentaram menor teor de manganês, em comparação às demais formulações, as quais não diferiram entre si. A adição de FSL na formulação determinou incremento nos teores de fósforo, potássio, cobre e ferro dos cookies, em comparação à formulação controle, enquanto para o cálcio, o aumento foi significativo apenas na formulação com 20% de FSL. Os teores variaram de 76,74 a 170,09 mg.100g⁻¹ para fósforo, de 184,18 a 471,02 mg.100g⁻¹ para potássio, de 0,08 a 0,39 mg.100g⁻¹ para cobre, de 5,60 a 9,42 mg.100g⁻¹ para ferro e de 53,72 a 81,12 mg.100g⁻¹ para cálcio. Para o teor de Zinco, apenas a formulação F5, com adição de 20% de FSL, mostrou-se superior quando comparada a formulação controle (F1), não sendo observada diferença significativa entre as formulações com adição de FSL.

Em seu estudo sobre a composição mineral de farinha de semente de lichia, Queiroz et al. (2015) encontraram teores de 130, 600, 140 e 70 mg.100g⁻¹ para os macrominerais fósforo, potássio, cálcio e magnésio, respectivamente, e teores de 1,77, 2,38, 0,96 e 1,32 para os microminerais cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. Estes resultados podem justificar as mudanças observadas na composição mineral dos cookies com adição de FSL. De acordo com valores estabelecidos pelo IOM (2001) para a ingestão diária recomendada para adultos, verificou-se que uma porção de 100g da formulação F5, com adição de 20% de FSL, contribui para a IDR em 24,30% para fósforo, 10,02% para potássio, 8,11% para cálcio, 43,33% para cobre, 52,33% para ferro e 10,36% para zinco.

Tabela 4 - Teor de minerais de cookies produzidos com diferentes níveis de inclusão de farinha de semente de lichia.

Minerais (mg.100g ⁻¹)	Formulações					IDR* (mg.dia ⁻¹)
	F1	F2	F3	F4	F5	
P	76,74 c	147,59 b	155,29 bc	169,49 b	170,09 a	700
K	184,18 c	408, b	420,40 bc	434,19 b	471,02 a	4700
Ca	53,72 b	60,29 b	70,94 ab	70,62 ab	81,12 a	1000
Mg	30,70 a	31,46 a	31,53 a	36,62 a	39,25 a	310 - 420
Cu	0,08 c	0,31 b	0,32 b	0,31 b	0,39 a	0,9
Fe	5,60 c	8,65 b	8,91 ab	9,10 ab	9,42 a	8 a 18
Mn	1,56 a	1,52 a	1,45 a	1,28 a	0,79 b	1,8 - 2,3
Zn	0,80 b	1,05 ab	1,06 ab	1,07 ab	1,14 a	8 a 11

F1 – Cookie controle. F2, F3, F4 e F5 - Cookies elaborados com farinha de semente de lichia nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20% respectivamente, em substituição à farinha de arroz e amido de milho. *Ingestão Diária Recomendada - Institute of Medicine, 2001. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

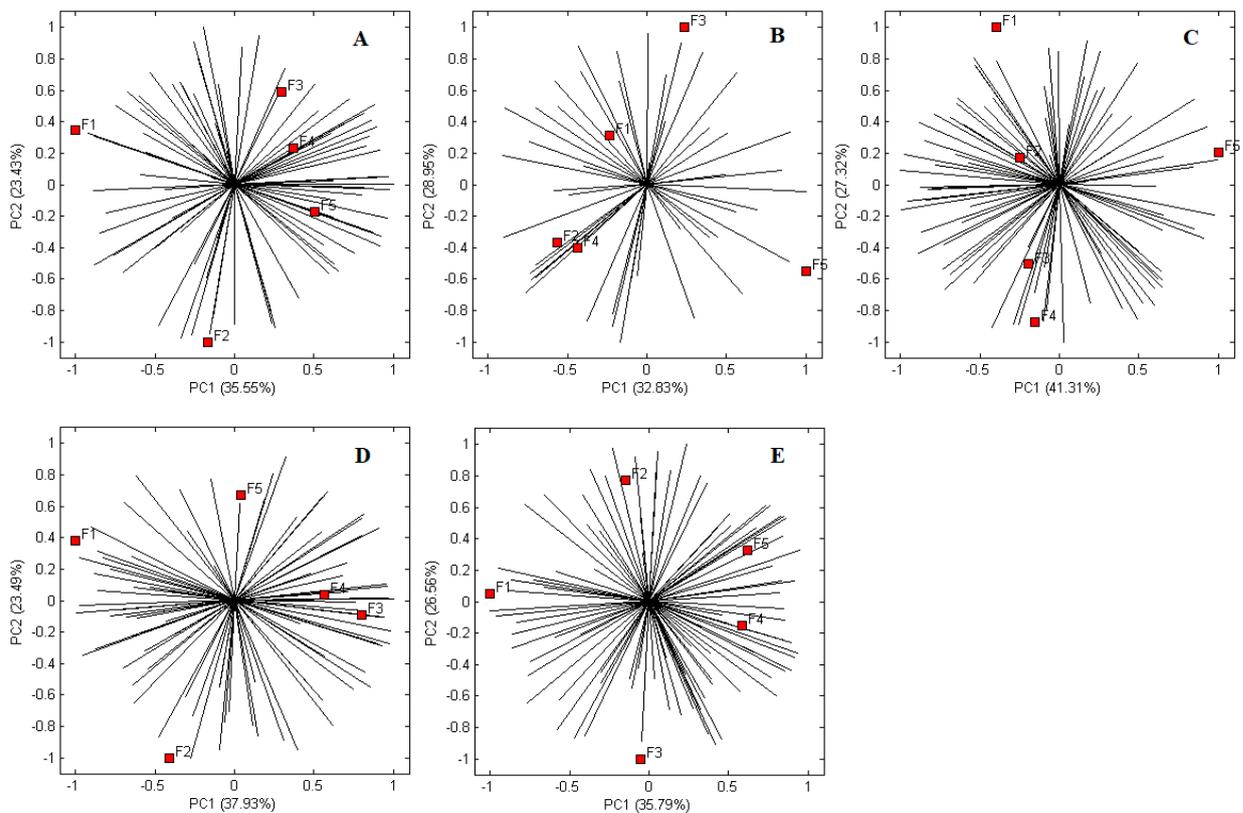
Na análise sensorial, dos 100 avaliadores não treinados, 35% eram do sexo masculino e 65% do sexo feminino. Em relação à faixa etária, 29% possuíam idade entre 15 e 20 anos, 27% entre 20 e 30 anos, 11% entre 30 e 40 anos, 2% entre 40 e 50 anos e 1% acima de 50 anos. Quanto à frequência de consumo, 37% dos provadores disseram consumir cookies mensalmente, 20% quinzenalmente, 13% uma vez por semana, 3% três vezes por semana, 1% diariamente e 26% disseram não consumir.

A Figura 1 representa os resultados dos mapas de preferências internos para todos os atributos avaliados. O mapeamento de preferências é um método eficaz para obter uma melhor compreensão do comportamento dos consumidores em relação aos produtos. Esse método usa um grupo de técnicas estatísticas multivariadas projetadas para otimizar produtos, entendendo a estrutura entre a preferência do consumidor e os dados sensoriais (DELLA LUCIA et al., 2015).

Com isso, observa-se claramente, para todos os atributos avaliados (aspecto global, aparência, aroma, textura e sabor), que as amostras não diferiram entre si, devido a uma ampla dispersão na resposta entre os consumidores (vetores), indicando que as amostras com adição da FSL foram consideradas semelhantes à amostra controle, de acordo com as percepções sensoriais dos avaliadores. Independente do atributo sensorial avaliado, o escore hedônico atribuído aos cookies variou, em média, de 5,1 a 5,5, correspondendo entre “não gostei nem desgostei” a “gostei ligeiramente”, pressupondo-se assim, que os avaliadores possuem certo grau de incerteza quando ao gostar ou desgostar, entretanto, não rejeitaram os produtos.

Este resultado pode ser justificado, pelo elevado percentual de provadores que não consomem cookies (26%), ou ainda, que consomem apenas uma vez ao mês (37%). A partir dos dados da análise sensorial, observa-se, também, que as mudanças encontradas no pH, acidez titulável, sólidos solúveis e cisalhamento (Tabela 3) não foram capazes de causar alterações perceptíveis no paladar dos avaliadores.

Figura 1 - Mapa de preferéncia interno de cookies com diferentes níveis de inclusão de farinha de semente de lichia.



A: Aspecto global; B: aparência; C: aroma; D: textura; E: sabor. F1, F2, F3, F4 e F5 representam as formulações dos cookies.

CONCLUSÕES

A substituição da farinha de arroz e amido de milho pela FSL contribui para o incremento dos teores de fibra alimentar insolúvel, capacidade antioxidante e composição mineral dos cookies.

A formulação com 20% de FSL se destaca pela maior capacidade antioxidante nos métodos capacidade redutora, DPPH e ABTS além da maior concentração de minerais como fósforo, potássio e cobre.

As formulações com adição de FSL são sensorialmente semelhantes à formulação controle.

A elaboração de cookies com adição de FSL demonstrou contribuir para a elaboração de produtos nutricionalmente mais saudáveis, além de reduzir impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado dos resíduos agroindustriais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG, pelo apoio financeiro, fundamental para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p, 2016.

BECKER FS.; DAMIANI, C.; MELO, AAM.; BORGES, PRS; VILAS BOAS, EVB. Incorporation of Buriti Endocarp Flour in Gluten-free Whole Cookies as Potential Source of Dietary Fiber. **Plant Foods for Human Nutrition**. v. 69, n. 4, p. 344-350, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária -ANVISA. **Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília - DF. 2012.

BRITO, T.B.; CARRAJOL, J.F.; GONÇALVES, E.C.B.A.; MARTELLI-TOSI, M.; FERREIRA, M.S.L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, v. 121, p. 412-421, 2019.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

COELHO, E.M.; GOMES, R.G.; MACHADO, B.A.S.; OLIVEIRA, R.S.; LIMA, M.S.; DE AZEVEDO, L.C.; UMSZA-GUEZ, M.A. Passion fruit peel flour e technological properties and application in food products. **Food Hydrocolloids**, v. 62, p. 158-164, 2017.

DELLA LUCIA, F.; DO CARMO, J.R.; MORAIS, C.S.N.; NUNES, C.A.; PINHEIRO, A.C.M.; FERREIRA, E.B.; VILAS BOAS, E.V.D.B. Physicochemical and sensory quality of several commercial Brazilian chocolate milk beverages. **International Journal of Dairy Technology**, v. 69, p. 364– 371, 2016.

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, J.F. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, n. 26, p. 446-452, 2006.

FERREIRA, M.S.L.; SANTOS, M.C.P.; MORO, T.M.A.; BASTO, G.J.; ANDRADE, R.M.S. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 822-830, 2015.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.

FÖSTE, M.; VERHEYEN, C.; JEKLE, M.; BECKER, T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. **Food Chemistry**, 2019.

GIADA, M.L.R.; MANCINI-FILHO, J. The in vitro antioxidant activity of food phenolic compounds. **Natrire**, v. 28, p. 91–107, 2004.

GÖKMEN, V.; SERPEN, A.; AÇAR, Ö.Ç.; MORALES, F.J. 2008. Significance of furosine as heatinduced marker in cookies. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 3, p. 843–847, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Food and Nutrition Board**. Dietary Reference Intakes. National Academic Press, Washington D.C. 2001.

JAN, K.N.; PANESAR, P.S.; SINGH, S. Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 93, p. 573-582, 2018.

LEÃO, D.P.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M.A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products, **Food Chemistry**, v. 225, p. 146-153, 2017.

MA, F.Y.; BAIK, B.Y. Soft wheat quality characteristics required for making baking powder biscuits. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 127-133, 2018.

MALAVOLTA, E.; VILTTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos. 1997.

MANLEY, D. **Useful reading and additional study**. In: Biscuit Doughs. [s.l.]: Woodhead Publishing, p. 91. 1998.

MCRAE MP. Dietary fiber is beneficial for the prevention of cardiovascular disease: an umbrella review of meta-analyses. **Journal of chiropractic medicine**, v. 16, n. 4, p. 289–299, 2017.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**, 2^a ed. CRC Press - Taylor & Francis Groups. 2006.

MERRILL, A.L.; WATT, B.K. **Energy value of foods: basis and derivation**. DC: United States Department of Agriculture, Washington. 1973.

MILDNER-SZKUDLARZ, S.; BAJERSKA, J.; GORNAS, P.; SEGLIÑA, D.; PILARSKA, A.; JESIONOWSKI, T. Physical and bioactive properties of muffins enriched with raspberry and cranberry pomace powder: A promising application of fruit by-products rich in biocompounds, **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 71, p. 165-173, 2016.

PAREYT, B.; TALHAOU, F.; KERCKHOFS, G.; BRIJS, K.; GOESAERT, H.; WEVERS, M.; DELCOUR, J.A. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 3, p. 400-408, 2009.

PETERSON, G.L. Review of the folin phenol protein quantitation method of lowry, rosebrough, farr and randall. **Analytical Biochemistry**, v. 100, n. 2, p. 201–220, 1979.

PITTIA, P.; ANTONELLO, P. **Chapter 2- Safety by control of water activity: drying, smoking, and salt or sugar addition.** PRAKASH, V.; MARTIN BELLOSO, O.; KEENER, L.; ASTLEY, S.; BRAUN, S.; MACMAHON, H.; LELIEVELD, H. (Eds.), *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*, American Press, Waltham (2016), pp. 7-28. (2016).

PINHEIRO, A.C.M.; NUNES, C.A.; VIETORIS, V. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n.3, p. 199-201, 2013.

QUEIROZ, E.R.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.M.; SIMÃO, A.A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis* Sonn) cultivar ‘Bengal’. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015.

RESENDE, L.M.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants, **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60, 2019.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: **Comunicado Técnico Embrapa**, “Não paginado”, 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS.+. Fortaleza, CE: **Comunicado Técnico Embrapa**, “Não paginado”, 2007b.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β caroteno/ácido linoleico. **Comunicado Técnico Embrapa**. ISSN: 1679-6535, 2006.

SOQUETTA, M.B.; STEFANELLO, F.S.; HUERTA, K.M.; MONTEIRO, S.S.; ROSA, C.S.; TERRA, N.N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*), **Food Chemistry**, v. 199, p. 471-478, 2016.

SOUSA, C.M.M., SILVA, H.R., VIEIRA, G.M., AYRES, M.C.C., COSTA, C.S., ARAÚJO, D.S. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

UCHOA, A.M.A.; COSTA, J.M.C.; MAIA, G.A.; MEIRA, T.R.; SOUSA, P.H.M.; BRASIL, I.M. Formulation and Physicochemical and Sensorial Evaluation of Biscuit-Type Cookies Supplemented with Fruit Powders. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 153–159, 2009.

WATERHOUSE, A.L. **Polyphenolics**: determination of total phenolics. In: Wrolstad, R.E. (Ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: J. Wiley and Sons. 2002.

ARTIGO 4**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATO OBTIDO DA CASCA DE LICHIA PARA
APLICAÇÃO COMO CORANTE E ANTIOXIDANTE NATURAL**

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Jéssyca Santos Silva¹, Clarissa Damiani², Eduardo Ramirez Asquieri³, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹

¹ Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia – GO, Brasil.

³ Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, 74605-170, Goiânia – GO, Brasil.

RESUMO

Algumas técnicas podem melhorar a estabilidade dos pigmentos extraídos, dentre outros compostos, de fontes vegetais durante o armazenamento, como por exemplo, a microencapsulação. Assim, o objetivo deste trabalho foi a microencapsulação do extrato da casca de lichia, visando-se a estabilização de seus pigmentos antociânicos, por 30 dias, à 8, 30 e 60°C, utilizando maltodextrina, goma arábica e combinações como materiais de parede. A capacidade antioxidante e o teor de antocianinas totais foram significativamente maiores no extrato concentrado, quando comparado às microcápsulas. Ao avaliar os diferentes tratamentos no percentual de perda de antocianinas totais, observou-se que a microencapsulação mostrou efeito protetor das antocianinas durante o período avaliado, a despeito da temperatura de armazenamento, uma vez que o percentual de perda foi menor nos pós microencapsulados quando comparados ao extrato concentrado. Entre os diferentes materiais de parede utilizados, a maltodextrina promoveu maior retenção da capacidade antioxidante em três dos métodos avaliados e também menor percentual de perda total de antocianinas totais no teste de estabilidade. Assim, foi possível obter a partir do extrato da casca de lichia microcápsulas de coloração caramelo com capacidade antioxidante e estabilidade de antocianinas.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn. Resíduos agroindustriais. Liofilização. Antocianinas.

ABSTRACT

Some techniques may improve the stability of pigments extracted, among other compounds, from plant sources during storage, such as microencapsulation. Thus, the objective of this work was the microencapsulation of the lychee bark extract, aiming to stabilize its anthocyanin pigments for 30 days at 8, 30 and 60 ° C, using maltodextrin, gum arabic and combinations as wall materials. . The antioxidant capacity and total anthocyanin content were significantly higher in the concentrated extract when compared to microcapsules. When evaluating the different treatments in the percentage of total anthocyanin loss, it was observed that the microencapsulation showed a protective effect of the anthocyanins during the evaluated period, despite the storage temperature, since the percentage of loss was lower in the microencapsulated powders when compared. to the concentrated extract. Among the different wall materials used, maltodextrin promoted greater retention of antioxidant capacity in three of the evaluated methods and also lower percentage of total loss of total anthocyanins in the stability test. Thus, it was possible to obtain from the lychee shell microcapsules of coloring caramel extract with antioxidant capacity and stability of anthocyanins.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn. Agroindustrial waste. Freeze drying. Anthocyanins.

INTRODUÇÃO

Estudos comprovam que subprodutos agrícolas e industriais de frutas e hortaliças são boas fontes de compostos bioativos. Do ponto de vista econômico, é interessante recuperar subprodutos agroindustriais como matéria-prima para o processamento de novos produtos, que possam possibilitar um sistema de produção industrial sustentável, mitigando o desperdício de alimentos e reduzindo sua disposição no meio ambiente (MACHADO et al., 2015). Uma das alternativas para o aproveitamento de resíduos agroindustriais é o desenvolvimento de corantes alimentícios, Assim, além de sua função primária de melhorar a qualidade visual, podem melhorar, também, o valor nutricional dos produtos.

O interesse por corantes naturais vem crescendo a cada dia, e muitos estudos sobre fontes, extração e estabilidade têm sido efetuados com o intuito de permitir a sua utilização em detrimento dos artificiais (MAHDAVI et al., 2016). A substituição de corantes artificiais por corantes naturais ganhou atenção do consumidor, devido a preocupações sobre os efeitos tóxicos e cancerígenos dos corantes artificiais e a crescente busca por alimentos saudáveis (KO et al., 2017). Entretanto, os corantes artificiais são mais comumente utilizados no processamento de alimentos, devido a sua maior estabilidade. Para os vários tipos de pigmentos naturais essa estabilidade é, muitas vezes, afetada por parâmetros como temperatura de armazenamento, luz, pH, oxigênio, etc (Venil et al., 2016).

Algumas técnicas podem melhorar a estabilidade dos corantes naturais extraídos durante o armazenamento como, por exemplo, a microencapsulação. Esse procedimento ajuda moléculas sensíveis à luz e ao calor, como antocianinas, a manter a estabilidade e aumentar sua vida útil (CAI et al., 2019). Existem diferentes métodos de encapsulamento na indústria de alimentos. A liofilização, que possui um longo período de desidratação, tem sido usada como técnica simples para encapsular pigmentos sensíveis ao calor (YAMASHITA et al., 2017; MAHDAVEE KHAZAEI et al., 2014). A vantagem mais significativa da liofilização é que é um processo realizado em baixa temperatura de operação, com a ausência de ar, impedindo deteriorações causadas por oxidação (ANWAR & KUNZ, 2011).

Considerando-se a importância de se buscar alternativas eficazes de estabilização de corantes naturais passíveis de serem utilizados pela indústria de alimentos e a inexistência de trabalhos científicos sobre a microencapsulação do extrato derivado da casca de lichia, objetivou-se, neste estudo, a microencapsulação de extrato da casca de lichia, visando-se a estabilização das antocianinas, potenciais corantes naturais, utilizando maltodextrina e/ou goma arábica, como materiais de parede, durante um período de 30 dias, à 8, 30 e 60°C.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das cascas e elaboração da farinha

As cascas obtidas do processamento de lichia foram fornecidas por uma fábrica de picolés, localizada na cidade de Goiânia - Brasil. Após o recebimento, as cascas foram lavadas e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 300 ppm por 30 min. Após a sanitização, foi feita a drenagem da solução, por uma hora, em peneiras. Posteriormente, as cascas higienizadas foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -18°C . Antes da extração, as cascas foram secas em estufa com circulação de ar forçado, a temperatura de $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após secas, as cascas foram trituradas em liquidificador do tipo industrial para obtenção de uma farinha, a qual foi acondicionada em saco de polietileno de baixa densidade e armazenada no escuro, em freezer a temperatura de -18°C até posterior utilização.

Preparação do extrato concentrado (EC)

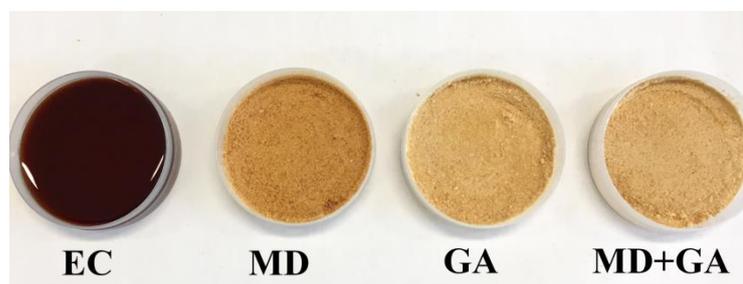
Com o objetivo de obter extrato com elevada capacidade antioxidante, a extração foi realizada em condições otimizadas, estabelecidas para extração de compostos bioativos da casca de lichia (SILVA, et al., 2016). Cinco gramas da farinha obtida da casca de lichia foi misturada com 45mL de álcool etílico 70%, e, posteriormente, a solução foi imersa em banho ultrassônico (USC2800A, Logen scientific, São Paulo, Brasil; frequência 40Khz) a 60°C por 30 min. O extrato obtido foi filtrado, utilizando papel filtro qualitativo gramatura $80\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ e, posteriormente, submetido à centrifugação (Eppendorf 5403) a 1372 g f por 10 min para remoção de impurezas. Em seguida, o extrato foi concentrado em evaporador rotativo (Marconi) a 50°C até a remoção de aproximadamente 80% do solvente e, posteriormente, armazenado em frascos de vidro âmbar a -18°C .

Preparação dos pós microencapsulados

Foram utilizados três diferentes materiais de parede na elaboração dos pós microencapsulados: maltodextrina 20 DE (MD) (Cargill Inc., Brasil), goma arábica (GA) e uma mistura contendo maltodextrina e goma arábica na proporção 1:1 p/p (MD+GA). Os

materiais de parede foram adicionados ao extrato concentrado até a obtenção de teor de sólidos totais de 30%. Posteriormente, a mistura foi homogeneizada em agitador mecânico (Marconi) a 448 g f por 20 minutos. Em seguida, as dispersões foram congeladas em freezer a -18°C por 24h e, posteriormente, foram colocadas em liofilizador (Liotop L108) e secas a pressão de $405\ \mu\text{mHg}$ e temperatura de -50°C por 30 horas. Após a liofilização, as amostras foram trituradas, usando almofariz e pilão para obtenção dos pós (Figura 1), acondicionadas em embalagem plástica laminada flexível e armazenadas em freezer a -18°C , até a realização das análises.

Figura 1 - Extrato concentrado e microcápsulas, obtidos da casca de lichia.



EC: extrato concentrado; MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica.

Umidade e atividade de água

O teor de umidade das microcápsulas foi determinado gravimetricamente. As amostras foram pesadas e secas em estufa, com circulação de ar, a 105°C por 24 h (AOAC, 2016). A atividade de água foi medida em Aqualab CX-2 (Decagon, Pullman, EUA), a 25°C .

Solubilidade

A solubilidade das microcápsulas foi determinada, de acordo com Okezie e Bello (1988). Suspensão com 25 mL de água e 0,5 g de microcápsulas foi preparada em tubos de centrífuga. Os tubos foram agitados por 1 minuto em agitador (EVLAB) e, em seguida, centrifugados a 3146 g f por 20 minutos em centrífuga (MSE Harrier). O líquido sobrenadante foi acondicionado em placa de petri, previamente tarada, e levado à estufa a 105°C para secagem. A solubilidade em água foi calculada pela relação entre a massa do resíduo seco do sobrenadante (resíduo de evaporação) e a massa da amostra, conforme a Equação 1:

$$\% \text{ solubilidade} = \frac{\text{resíduo da evaporação (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras em pó foi avaliada de acordo com Tonon et al. (2008), com modificações. As amostras de cada pó foram armazenadas a 30°C, em dessecadores contendo soluções saturadas de cloreto de sódio (NaCl) (75% de umidade relativa; $a_w = 0,75$). As amostras foram pesadas no tempo inicial e após 1 semana. A higroscopicidade foi expressa em gramas de umidade absorvida por 100 g de sólidos secos ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada, utilizando-se potenciômetro digital (TEC-3MPp), calibrado o aparelho com solução tampão a pH 4,0 e 7,0, realizando-se a leitura do pH segundo metodologia proposta pela AOAC (2016).

Coloração

As variáveis L^* , a^* e b^* foram determinadas em três pontos de cada amostra, em colorímetro Hunterlab, ColorQuest II. O valor de Chroma foi calculado como mostrado na Equação 2, e o ângulo de saturação, tal como mostrado na Equação 3.

$$\text{Chroma (C)} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$\hat{\text{Ângulo Hue (°H)}} = \tan^{-1} (b^* / a^*) \quad (3)$$

Capacidade antioxidante

Para a determinação da capacidade antioxidante, o extrato concentrado e as microcápsulas foram diluídos em água destilada obedecendo à concentração adequada para cada metodologia utilizada. Após a diluição em água destilada, as microcápsulas foram submetidas à centrifugação (Eppendorf 5403) a 1008 g f por 20 minutos. Posteriormente, as

soluções foram filtradas, com papel filtro qualitativo gramatura 80 g.m²⁻¹, e utilizadas na determinação da capacidade antioxidante.

Capacidade redutora

A capacidade redutora foi determinada pela redução do reagente Folin-Ciocalteu, na faixa de absorção de 750 nm, de acordo com WATERHOUSE (2002). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra.

DPPH

A capacidade antioxidante, *in vitro*, pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi realizada de acordo com Rufino et al. (2007a). A leitura dos extratos foi realizada durante 60 minutos à 515nm. Os resultados foram expressos em EC50 (g de resíduo. g⁻¹ de DPPH).

ABTS

A capacidade antioxidante, *in vitro*, pelo método ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)), foi determinada de acordo com metodologia descrita por Rufino et al. (2007b). A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 734nm, no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox. g⁻¹ de amostra.

FRAP

A metodologia do poder redutor dos íons de ferro foi realizada como descrito por Rufino et al. (2006). Construiu-se a curva padrão com soluções de sulfato ferroso, nas concentrações de 500,0 a 2000,0 µM. As absorbâncias das amostras foram lidas a 595 nm e os resultados foram expressos em µM de sulfato ferroso. g⁻¹ de amostra.

Antocianinas totais

O teor de antocianinas totais foi estimado segundo método de Barcia et al. (2012). A leitura foi efetuada no comprimento de onda de 520nm. A quantificação de antocianinas totais

baseou-se no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo (Equação 4), a qual representa a principal antocianina presente em frutos. Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídeo.100 g⁻¹.

$$\text{Abs} = \epsilon . C . l \quad (4)$$

Onde, Abs é a absorvância lida; ϵ é o coeficiente de absorção molar; C é a concentração em mol.L⁻¹ e l é o caminho óptico em cm.

Estabilidade das microcápsulas

Para o teste de estabilidade, 2 ml do extrato concentrado e 2 gramas dos pós microencapsulados foram transferidos para tubos de ensaio e submetidos a três diferentes temperaturas, na ausência de luz: geladeira (8°C), ambiente (30°C) e estufa (60°C). Para a caracterização do teor de antocianinas totais, pelo método de Barcia et al. (2012), os frascos em triplicata, foram removidos a cada 10 dias até o estudo completar 30 dias.

Taxa de Perda (%)

A porcentagem total de perda das antocianinas totais no período de armazenamento foi calculada pela relação entre a quantidade de antocianinas no último dia de armazenamento (t_{final}), pela quantidade inicial (t_{inicial}) de acordo com a equação 5 (SOUZA et al., 2014).

$$\% \text{ Perda total} = 1 - \frac{t_{\text{final}}}{t_{\text{inicial}}} \times 100 \quad (5)$$

Morfologia das partículas

A estrutura morfológica das microcápsulas foi analisada por microscopia eletrônica de varredura, utilizando-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging), no qual a ultraestrutura da amostra foi fotografada em condições de alto vácuo com aumento de x90 (200µm).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, seguida de teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os resultados de estabilidade de antocianinas e taxa de perda, após análise de variância, os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste Tukey, com 5% de probabilidade, de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação. Todas as análises foram executadas sobre três repetições, à exceção da coloração, sobre cinco repetições e as análises estatísticas realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as variáveis físico-químicas, capacidade antioxidante e antocianinas totais do extrato concentrado (EC) e das microcápsulas com diferentes materiais de parede (MD, GA e MD+GA) são mostrados na Tabela 1. Todas as variáveis analisadas, à exceção da solubilidade, foram influenciadas significativamente pelo material de parede utilizado nas microcápsulas.

Tabela 1 - Variáveis físico-químicas, capacidade antioxidante e antocianinas totais do extrato concentrado e das microcápsulas obtidos da casca de lichia.

Variáveis	EC	MD	GA	MD+GA
Umidade (g.100g ⁻¹)	-	6,74 c	8,78 a	7,82 b
Aw	-	0,37 a	0,35 b	0,34 c
Solubilidade (g.100g ⁻¹)	-	91,07 a	90,82 a	91,05 a
Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	-	2,51 a	2,22 b	2,4 ab
pH	3,56 d	3,71 c	4,07 a	3,91 b
L	0,01 d	62,30 c	70,63 a	69,83 b
a*	0,19 d	11,96 a	8,45 c	8,70 b
b*	-0,35 c	29,44 a	25,27 b	25,18 b
Chroma	0,40 c	31,77 a	26,64 b	26,64 b
°Hue	298,5 a	67,89 d	71,50 b	70,95 c
¹ CR (mg EAG.100g ⁻¹)	1245,72 a	803,04 c	831,96 b	781,91 d
DPPH (EC50 – g.DPPH ⁻¹)	8,17 a	11,38 b	12,42 b	11,91 b
ABTS (µmol trolox.g ⁻¹)	18157,06 a	17883,92 b	17696,46 c	17649,33 d
FRAP (µmol sulfato ferroso.g ⁻¹)	15038,84 a	14590,97 b	14440,96 d	14512,68 c
² AT (mg.100g ⁻¹)	14,44 a	13,53 b	12,55 c	13,11 bc

¹Capacidade redutora; ²Antocianinas totais. EC: extrato concentrado; MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes (p≤0,05) pelo teste de Tukey.

A umidade foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) quando utilizada a GA como material de parede, seguida das microcápsulas com MD+GA e MD, respectivamente. O teor de umidade é diferente da A_w , pois este mede a disponibilidade de água livre em um sistema alimentar responsável por qualquer reação microbiológica e bioquímica, enquanto o teor de umidade representa a composição de água em um sistema alimentar (FAZAELI et al., 2012). O maior resultado para a A_w foi encontrado quando a MD foi utilizada como material de parede celular, porém, todos os valores de A_w foram inferiores a 0,6, indicando a estabilidade microbiológica e bioquímica das microcápsulas e sua capacidade de armazenamento prolongado em condições adequadas de embalagem e armazenamento (QUEK et al., 2007).

A solubilidade é uma das propriedades funcionais mais importantes dos pós alimentares, uma vez que afeta o comportamento do pó quando este é reconstituído em água. Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que a solubilidade das microcápsulas não foi afetada pelo tipo de material de parede utilizado, demonstrando alta solubilidade em todos os tratamentos. A alta solubilidade das microcápsulas pode estar relacionada à alta solubilidade em água da maltodextrina e da goma arábica (REZENDE et al., 2018).

Em produtos desidratados, as medições físicas, como a higroscopicidade, que representa a capacidade do produto de absorver água do ambiente circundante, são fundamentais para prever o comportamento do produto durante o armazenamento (ROCHA et al., 2019). A higroscopicidade foi significativamente maior nas microcápsulas com adição de MD, e menor quando a GA foi utilizada. Segundo Tonon et al. (2010), os pós com menor teor de umidade apresentam maior capacidade de absorver a umidade ambiente, o que está relacionado ao maior gradiente de concentração de água entre o produto e o ar circundante, conseqüentemente, a maior higroscopicidade das microcápsulas com MD pode ser atribuída ao seu menor teor de umidade.

Em relação às variáveis de cor, o extrato concentrado (EC) apresentou-se extremamente escuro (Figura 1), o que justifica o menor valor encontrado para a variável L^* , quando comparado às amostras microencapsuladas. Ainda sobre o L^* , quando comparadas as microcápsulas, a amostra com adição de MD apresentou-se mais escura, seguida da amostra com adição da mistura MD+GA e, posteriormente, da amostra com adição de GA, a qual foi considerada a mais clara. O Chroma representa a intensidade da cor e foi maior nas microcápsulas com MD na composição e menor para o EC. Assim como observado para o valor L^* , o Chroma do EC foi extremamente baixo, o que sugere a baixa intensidade da coloração deste produto. O ângulo Hue determina a tonalidade da cor e as microcápsulas, independente do material de parede utilizado, apresentaram tonalidade na faixa do amarelo,

enquanto o EC apresentou coloração arroxeada, embora como já dito, no EC essa coloração foi pouco visível, em função do baixo Chroma, predominando a coloração intensa, próximo ao negro, em função do baixo L*. De forma geral, o extrato concentrado obtido da casca de lichia apresentou coloração caramelo intenso e a alteração na coloração observada nas microcápsulas pode ser atribuída à solubilização dos componentes nos materiais de parede utilizados.

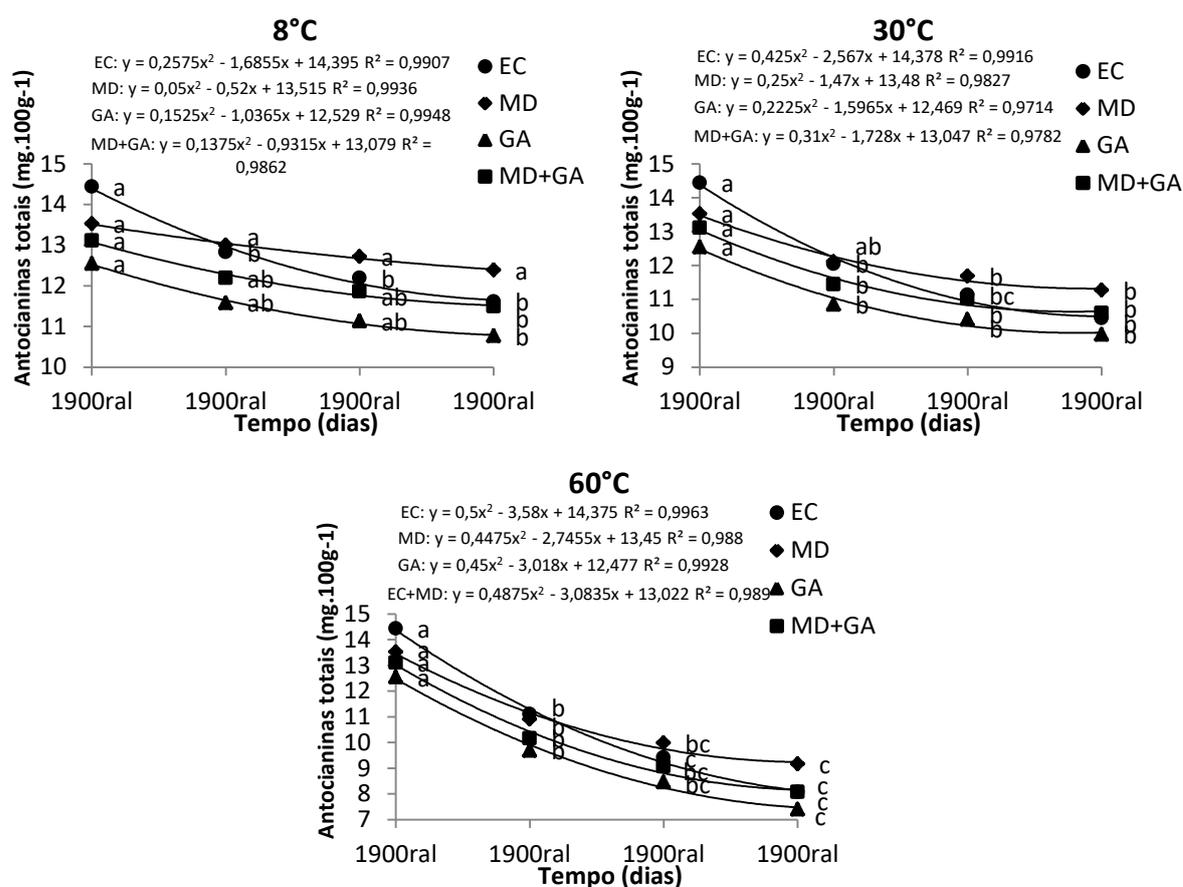
A capacidade antioxidante foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior no EC quando comparado às microcápsulas elaboradas, nos quatro métodos avaliados (CR, DPPH, ABT e FRAP). A maior capacidade antioxidante do EC pode ser atribuída ao efeito de diluição do extrato causado pela adição dos materiais de parede (SOUZA et al., 2014). Quando comparados os materiais de parede, a MD apresentou melhores resultados em três dos métodos avaliados (DPPH, ABTS e FRAP). Esses resultados são semelhantes aos de Sarabandi et al. (2019), ao avaliarem a capacidade antioxidante de extrato encapsulado de casca de berinjela por diferentes métodos, constatando maiores resultados de capacidade antioxidante para microcápsulas desenvolvidas com maltodextrina quando comparada a goma arábica. No entanto, para melhor compreensão da capacidade antioxidante, sugere-se para trabalhos futuros a realização de testes de biodisponibilidade *in vivo* das microcápsulas elaboradas com extrato obtido da casca de lichia para que as mesmas possam ser rotuladas como produtos funcionais.

O teor de antocianinas totais foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) no EC quando comparado às microcápsulas. Quando comparados os pós microencapsulados, o maior teor de antocianinas foi encontrado quando a MD foi utilizada como material de parede. Ao estudarem o efeito da microencapsulação por liofilização no conteúdo de antocianinas de extrato de resíduo de amora, Yamashita et al. (2017), também observaram declínio no teor de antocianinas após o processo de microencapsulação. Os mesmos autores constataram, ainda, melhor retenção de antocianinas nas microcápsulas com maltodextrina 10DE quando comparadas aos pós com maltodextrina 20DE.

As antocianinas são os principais pigmentos presentes na casca da lichia (ZHANG et al., 2004), por esse motivo, foi realizado o teste de estabilidade das antocianinas do EC e das microcápsulas com diferentes materiais de parede em diferentes temperaturas no período de 30 dias. Os resultados (Figuras 2 e 3) mostraram que em todas as temperaturas estudadas (8, 30 e 60°C) e em todos os tratamentos avaliados (EC, MD, GA, MD+GA) houve redução significativa na concentração de antocianinas totais durante o período avaliado (Figura 2). Também observou-se que o aumento da temperatura levou a maior perda de antocianinas em

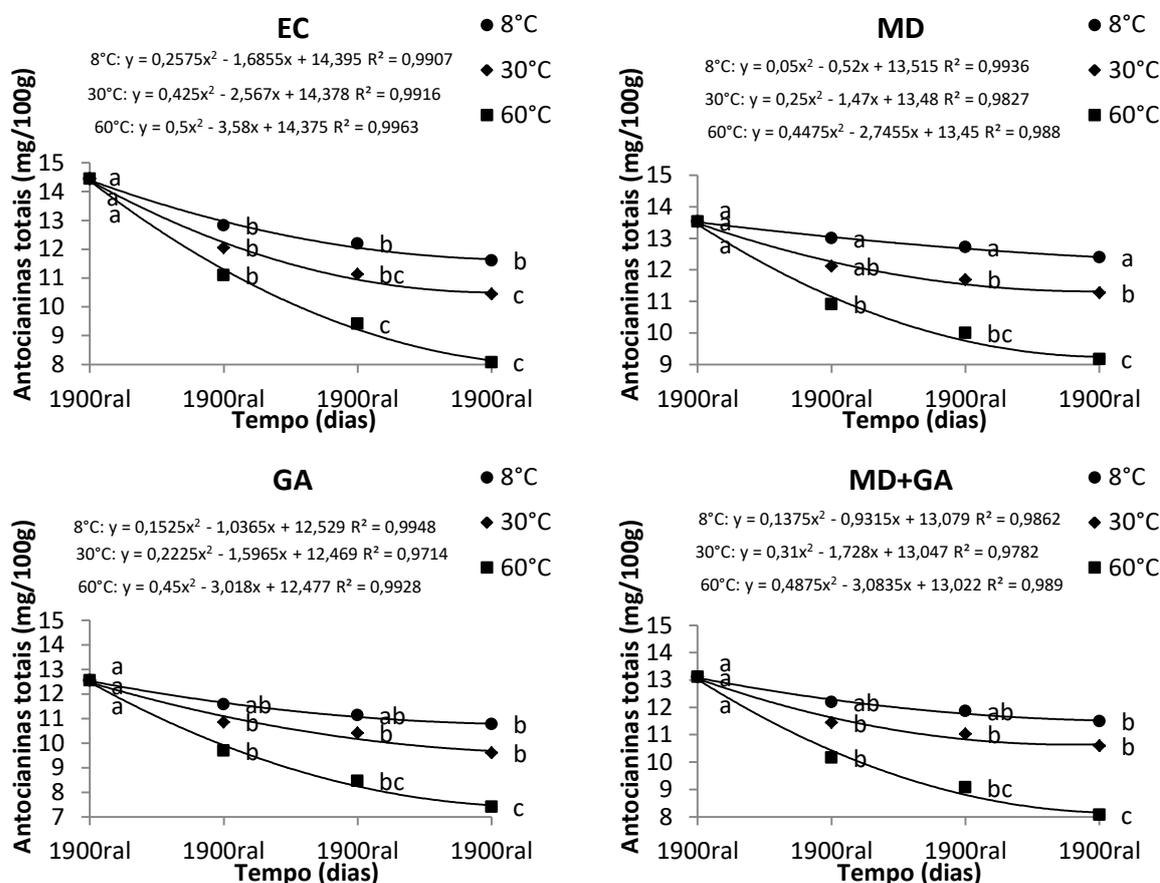
todos os tratamentos avaliados (Figura 3), o que era esperado, uma vez que esses pigmentos são altamente sensíveis à temperatura. Essa influência negativa da temperatura na estabilidade da antocianina corrobora as descobertas de outros pesquisadores como, por exemplo, Tonon et al. (2010) ao avaliarem a estabilidade de microcápsulas de suco de açaí seco por spray e Cai et al. (2019) ao estudarem a estabilidade de antocianinas de mirtilo.

Figura 2. Estabilidade de antocianinas do extrato concentrado e das microcápsulas obtidos da casca de lichia em diferentes matérias de parede e temperaturas durante o armazenamento.



EC: extrato concentrado; MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica. T1: 10 dias; T2: 20 dias; T3: 30 dias. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

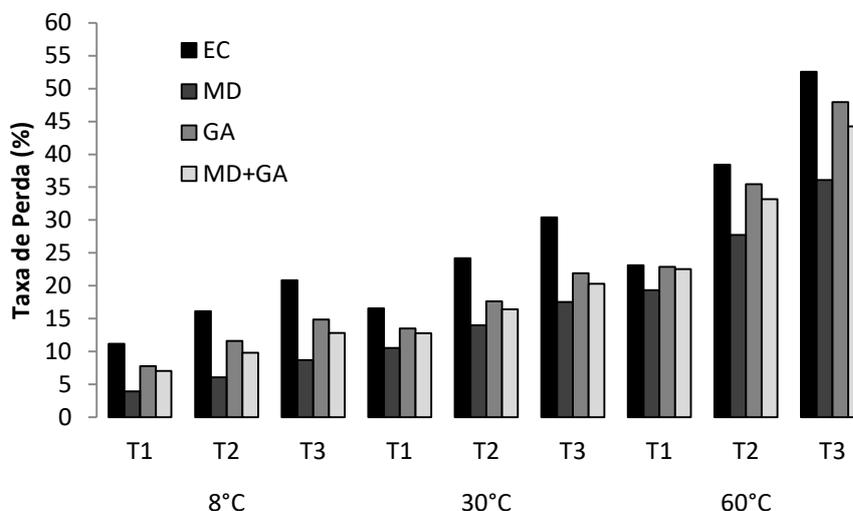
Figura 3. Estabilidade de antocianinas do extrato concentrado e das microcápsulas obtidos da casca de lichia em diferentes temperaturas e matérias de parede celular durante o armazenamento.



EC: extrato concentrado; MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica. T1: 10 dias; T2: 20 dias; T3: 30 dias. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao avaliar os diferentes tratamentos no percentual de perda de antocianinas totais, observou-se que a microencapsulação mostrou efeito protetor das antocianinas durante o período avaliado, uma vez que o percentual de perda foi menor nos pós microencapsulados quando comparados ao EC (Figura 3). Jafari et al. (2008) relataram que os materiais da parede são obstáculos físicos que podem diminuir os efeitos do oxigênio, luz, calor e umidade nos ingredientes encapsulados. A diminuição do teor de umidade e de a_w que ocorre durante o encapsulamento, também, são outros fatores.

Figura 3. Taxa de perda de antocianinas do extrato concentrado e das microcápsulas obtidos da casca de lichia em diferentes temperaturas, tempos e matérias de parede celular.



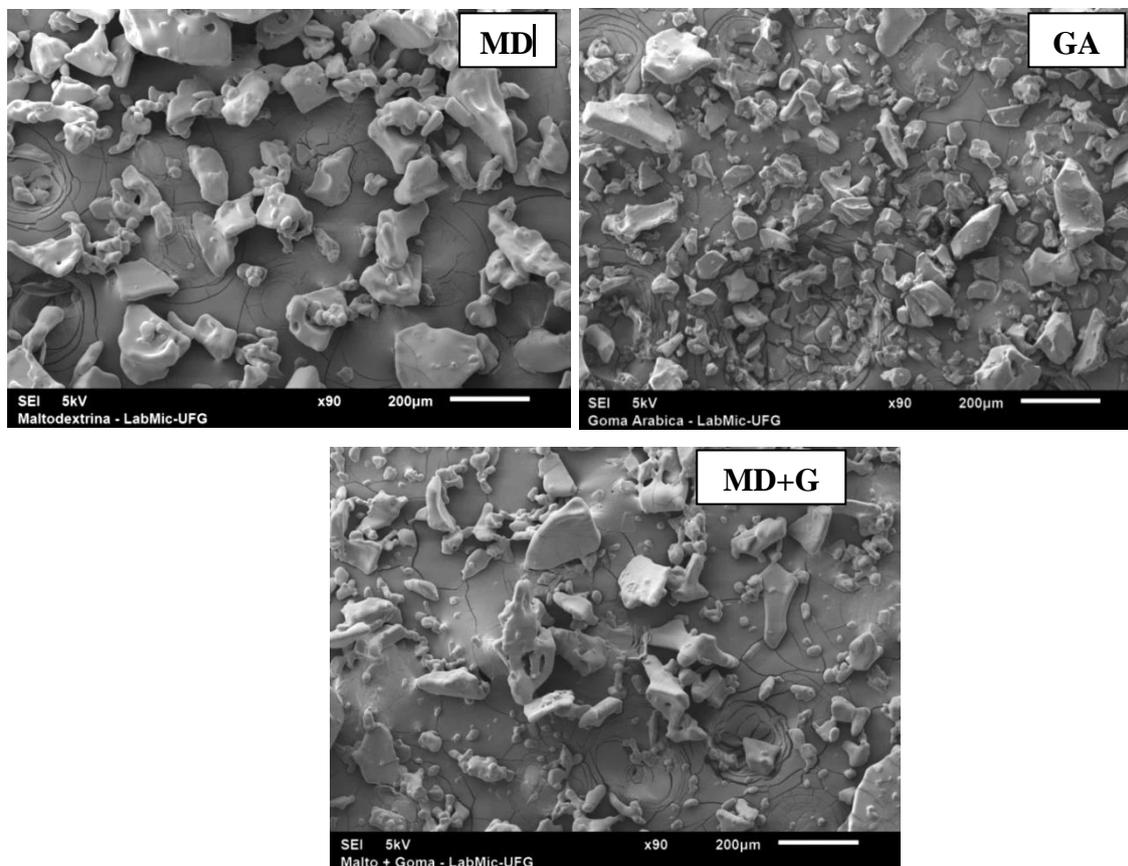
EC: extrato concentrado; MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica. T1: 10 dias; T2: 20 dias; T3: 30 dias.

Entre os diferentes materiais de parede utilizados, a MD determinou menor percentual de perda total de antocianinas, a despeito da temperatura de armazenamento, em contraste, a GA apresentou a maior perda (Figura 2). Esse comportamento pode ser explicado pelo teor de umidade das microcápsulas, que foi menor quando a MD foi utilizada e maior na utilização da GA na microencapsulação do extrato da casca de lichia. Fang e Bhandari (2011) relataram que quanto maior a massa molecular dos materiais da parede e menor a umidade, menor a difusividade molecular dos ingredientes, o que faz com que a temperatura de transição vítrea aumente, ocorrendo, assim, maior aprisionamento de moléculas dispersas.

O comportamento do teste de estabilidade das antocianinas das microcápsulas pode ser explicado, também, pelo pH apresentado na Tabela 1, uma vez que a estabilidade das antocianinas é aumentada em valores de pH menores (SANTOS et al., 2019), justificando a maior estabilidade encontrada nas microcápsulas com MD (pH 3,71) e a menor estabilidade verificada nas microcápsulas elaboradas com GA (pH 4,07). A maior estabilidade de antocianinas observada nas microcápsulas elaboradas com adição de MD pode ser relacionada, ainda, com a maior capacidade antioxidante observada para esse tratamento na maioria dos métodos avaliados (Tabela 1).

Como mostrado na Figura 4, a morfologia externa das micropartículas liofilizadas assemelha-se a uma estrutura de vidro quebrado de tamanhos variáveis, que são características comuns de pós liofilizados, uma vez que necessitam ser triturados ou macerados após a secagem (KUCK & NOREÑA, 2016; KHAZAEI et al., 2014; YAMASHITA et al., 2017).

Figura 4. Morfologia das partículas por microscopia eletrônica de varredura das microcápsulas obtidas do extrato da casca de lichia.



MD: maltodextrina; GA: goma arábica; MD+GA: maltodextrina + goma arábica.

Os materiais de parede afetaram a estrutura externa das partículas de pó secas por liofilização. As microcápsulas elaboradas com MD e com a mistura MD+GA apresentaram superfície mais lisa, quando comparadas as microcápsulas elaboradas com a GA. Tolun et al. (2016) relataram que as partículas de pó com superfícies rugosas eram mais sensíveis à reação de oxidação em comparação com as de superfícies lisas devido às suas maiores áreas de superfície. O que também pode justificar a maior taxa de perda de antocianinas das microcápsulas elaboradas com a GA, observada no teste de estabilidade. Por outro lado, foi observada aglomeração nas partículas que continham adição de maltodextrina (MD e MD+GA), o que não foi observado nas microcápsulas elaboradas apenas com a GA. Essa aglomeração pode ser justificada pela maior higroscopicidade encontrada nessas formulações (Tabela 1), que faz com que tenham maior capacidade de absorver água do ambiente, e assim, formar aglomerados quando expostos à umidade durante o armazenamento (SYAMALADEVI et al., 2012).

CONCLUSÃO

A microencapsulação do extrato de casca de lichia é efetiva na redução de perdas de antocianinas durante 30 dias de armazenamento sob 8, 30 e 60°C. Dentre os materiais de parede estudados, a maltodextrina se destaca por determinar maior estabilidade das antocianinas e, de forma geral, melhores propriedades das microcápsulas, com base nas análises físico-químicas e de capacidade antioxidante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

REFERENCIAS

ANWAR, S.H.; KUNZ, B. The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying, **Journal of food Engineering**, v.105, n.2, p. 367-378, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p, 2016.

BARCIA, M.T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, v.2, n.2, p. 129-138, 2012.

CAI, X.; DU, X.; CUI, D.; WANG, X.; YANG, Z.; ZHU, G. Improvement of stability of blueberry anthocyanins by carboxymethyl starch/xanthan gum combinations microencapsulation. **Food Hydrocolloids**, v.91, p. 238-245, 2019.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2014.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v.129, n.3, p. 1139 – 1147, 2011.

FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A.K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder, **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p. 667-675, 2012.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying Technology**, V.26, n.7, p. 816 – 835, 2008.

KHAZAEI, K.M.; JAFARI, S.M.; GHORBANI, M.; KAKHKI, A.H. Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color, **Carbohydrate Polymers**, v.105, p. 57-62, 2014.

KO, A.; LEE, J-S.; NAM, H.S.; LEE, H.G. Stabilization of black soybean anthocyanin by chitosan nanoencapsulation and copigmentation, **Journal of Food Biochemistry**, v.41, 2017.

KUCK, L.S.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation of grape (*Vitislabrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents, **Food Chemistry**, v.194, p. 569-576, 2016.

MAHDAVEE KHAZAEI, K.; JAFARI, S.M.; GHORBANI, M.; HEMMATI KAKHKI, A. Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color, **Carbohydrate Polymers**, v.105, p. 57-62, 2014.

MAHDAVI, S.A.; JAFARIB, S.M.; ASSADPOORA, E.; DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin, **International Journal of Biological Macromolecules**, v.85, p. 379-385, 2016.

MACHADO, A.P.D.F.; PASQUEL-REÁTEGUI, J.L.; BARBERO, G.F.; MARTÍNEZ, J. Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: A comparison with conventional methods. **Food Research International**, v.77, p. 675-683, 2015.

REZENDE, Y.R.R.S.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization, **Food Chemistry**, v.254, p. 281-291, 2018.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007a

RUFINO, M. S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007b.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2006.

ROCHA, J.C.G.; BARROS, F.A.R.; PERRONE, Í.T.; VIANA, K.W.C.; TAVARES, G.M. STEPHANI, R.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulation by atomization of the mixture of phenolic extracts, **Powder Technology**, v.343, p. 317-325, 2019.

SYAMALADEVI, R.M.; INSAN, S.K.; DHAWAN, S.; ANDREWS, P.; SABLANI, S.S. Physicochemical properties of encapsulated red raspberry (*Rubusidaeus*) powder: Influence of high pressure homogenization, **Drying Technology**, v.30, p. 484-493, 2012.

TOLUN, A.; ALTINTAS, Z.; ARTIK, N. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: development and characterization. **Journal of Biotechnology**, v.239, p. 23-33, 2016.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, n.3, p. 907 – 914, 2010.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.88, p.411- 418. 2008.

SANTOS, S.S., RODRIGUES, L.M., COSTA, S.G., MADRONA, G.S. Antioxidant compounds from blackberry (*Rubus fruticosus*) pomace: Microencapsulation by spray-dryer and pH stability evaluation. **Food Packaging and Shelf Life**, v.20, 2019.

OKEZIE, B.O.; BELLO, A.B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v.53, p.450-454, 1988.

QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v.46, pp. 386-392, 2007.

SARABANDI, K.; JAFARI, S.M.; MAHOONAK, A.S.; MOHAMMADI, A. Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source, **International Journal of Biological Macromolecules**, v.140, p.59–68, 2019.

SILVA, C.; GARCIA, V.A.S.; FRANCISCATO, L.M.S.S. Extração Assistida por Ultrassom de Compostos Bioativos das Cascas de Lichia (*Litchi Chinensis* Sonn.), **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.18, n.1, 2016.

SOUZA, V.B.; FUJITA, A.; THOMAZINI, M.; SILVA, E.R.; LUCON JR., J.F.; GENOVESE, M.I.; FAVARO-TRINDADE, C.S. Functional properties and stability of spray-dried pigments from Bordo grape (*Vitis labrusca*) winemaking pomace. **Food Chemistry**, v.164, p. 380 – 386, 2014.

VENIL, C.K.; KHASIM, A.R.; ARULDASS, C.A.; AHMAD, W.A. Microencapsulation of flexirubin-type pigment by spray drying: characterization and antioxidant activity. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.113, p. 350-356, 2016.

YAMASHITA, C.; CHUNG, M.M.S.; SANTOS, C.; MAYER, C.R.M.; MORAES, I.C.F.; BRANCO, I.G. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying, **LWT-Food Science and Technology**, v.84, p.256-262, 2017.

Z. ZHANG, X. PANG, C. YANG, Z. JI, Y. JIANG. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp, **Food Chemistry**, v.84, p. 601-604, 2004.

WATERHOUSE, A.L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In R. E. Wrolstad (Ed.), **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2002.