



ESTELA DE REZENDE QUEIROZ

**FRAÇÕES DE LICHIA: CARACTERIZAÇÃO
QUÍMICA E AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS**

LAVRAS - MG

2012

ESTELA DE REZENDE QUEIROZ

**FRAÇÕES DE LICHIA: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO
DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agroquímica, para a obtenção do
título de Mestre.

Orientadora

Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Queiroz, Estela de Rezende.

Frações de lichia : caracterização química e avaliação de compostos bioativos / Estela de Rezende Queiroz. – Lavras: UFLA, 2012.

122 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. *Litchi chinensis*. 2. Nutrientes. 3. Antinutrientes. 4. Secagem.
5. Antioxidantes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.8046

ESTELA DE REZENDE QUEIROZ

**FRAÇÕES DE LICHIA: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO
DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agroquímica, para a obtenção do
título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2012.

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas UFLA

Dra. Silvana Marcussi UFLA

Dra. Celeste Maria Patto de Abreu
Orientadora

LAVRAS - MG

2012

Aos meus amados pais Nilza Maria de Rezende Queiroz e Raimundo Nonato Queiroz pela paciência digna apenas dos pais, pelo amor incondicional, pela força e confiança em mim depositados.

Brena, minha querida irmã, pela companhia, apoio, por sempre me oferecer ombro amigo e por me fazer sentir especial.

Carlos Eduardo, meu amor, pela compreensão e carinho, pela divisão dos momentos difíceis, por me fazer acreditar em mim e nas minhas capacidades, pelo que é para mim e, principalmente, pelo que me faz ser quando estou ao seu lado.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a Deus, que permite a realização de tudo o que sou e que faço, pela oportunidade e eterna companhia, pelas bênçãos e inspirações e por ter colocado em minha vida pessoas que muito contribuíram para a conquista e concretização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de ensino outorgada.

A todos os meus familiares, tios (as) e primos (as), à minha avó Olinda e, em especial, àqueles a quem dediquei este trabalho, meu reais incentivadores, que me apoiaram ao longo desta caminhada, dando-me forças nos momentos difíceis, reafirmo meu amor, carinho e eterna gratidão. Vocês são os meus pilares, muito obrigada por participarem desta jornada!

À minha orientadora, Celeste Maria Patto de Abreu, pelo grande exemplo de pessoa e de profissional, por acreditar no meu trabalho, pela orientação e valiosos conhecimentos que me fizeram crescer profissional e pessoalmente, e principalmente pelo carinho, amizade e confiança em mim depositados. Obrigada por tudo, Celeste!

À professora Angelita Duarte Corrêa, pelo carinho e dedicação, por todas as suas contribuições e pelo privilégio do convívio.

Aos professores do DQI-UFLA, pelos fundamentais ensinamentos, pelo convívio e sabedoria.

Ao professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, que, com seus ensinamentos se tornou um grande incentivador para a busca do conhecimento, obrigada pela qualidade e comprometimento no ensino.

A Xulita, responsável técnica do Laboratório de Bioquímica, sempre amiga, prestativa e companheira, pela ajuda, convivência, carinho e, principalmente, pela amizade e ensinamentos, essenciais à realização deste.

À Shirley, secretária da Pós-Graduação, que prontamente atendeu as minhas dúvidas, pela boa vontade e amizade e por me receber sempre tão abertamente.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Bioquímica, Luciana, Tamara, Ana Paula, Anderson, Vinicius, Mayara, Claudinha, Natália, Rafaela, Laís, Mariene, Samira, Valquíria entre tantos, e em especial à Kelly, pelo auxílio na realização das análises. Obrigada a todos vocês pelo convívio e amizade.

Foram ótimos momentos em meio a tanto trabalho, lembrarei sempre de todos vocês com muito carinho...

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero

Muito Obrigada!!!

“O impossível é aquilo que nunca fora feito, até
que alguém o faça”.

Adaptado de Lair Ribeiro

RESUMO

A lichia é um fruto tropical a subtropical, da família das Sapindáceas, gênero *Litchi*, espécie *Litchi chinensis*, de elevado valor comercial, no entanto pouco se conhece sobre sua composição química, sobretudo da casca e da semente. As frações casca, polpa e semente *in natura* e a casca e a semente submetidas à secagem a 45°C de lichias da cv. Bengal foram analisadas quanto a massa e proporção, aos constituintes químicos: vitamina C, antocianinas, compostos fenólicos, β -caroteno, licopeno, antioxidantes e aos antinutrientes: nitratos, ácido oxálico, inibidores de tripsina, lipase e α -amilase. A casca e a semente apresentam elevados valores energéticos totais e teores de carboidratos e juntas representam cerca de 50% do total do fruto. Na casca há predominância de antocianinas monoméricas e maiores teores de fibras (bruta e alimentar), lipídios, proteínas, nitrato, vitamina C e β -caroteno, que as demais frações *in natura*. A polpa possui maior acidez, menor pH, maiores teores de compostos fenólicos e inibidores de α -amilase, lipase e de sólidos solúveis. O ácido oxálico não foi encontrado nas frações de lichia, enquanto o licopeno foi encontrado apenas na semente. Elevadas atividades antioxidantes foram obtidas na casca e na semente. A secagem a 45° C influenciou o pH e a acidez titulável da semente, os teores de sólidos solúveis e os níveis dos três inibidores enzimáticos, observando-se aumento na atividade inibitória de tripsina e α -amilase e decréscimo na atividade inibitória de lipase. Com a secagem houve perdas de 30% no teor de antocianinas totais da casca; de 89 e 79% do total de vitamina C (da casca e da semente, respectivamente), além de decréscimo na atividade antioxidante de todos os extratos analisados. Também foram observados aumento nos teores de licopeno e compostos fenólicos, após o processo de secagem. Os baixos teores de antinutrientes e os elevados teores de antioxidante e vitamina C encontrados na casca e na semente possibilitam o uso das frações de lichia como fontes de nutrientes e antioxidantes naturais.

Palavras-chave: *Litchi chinensis*. Casca. Polpa. Semente.

ABSTRACT

Litchi is a subtropical to tropical fruit, of the family Sapindaceae, genus *Litchi*, *Litchi chinensis* species of high commercial value, although little is known about its chemical composition, especially the shell and seed. The fractions shell, flesh and fresh seed and seed and shell subsequently dried at 45°C of litchi cv. Bengal were analyzed for weight and proportion, chemical constituents: vitamin C, anthocyanins, phenolic compounds, β -carotene, lycopene, antioxidants and antinutrients: nitrate, oxalic acid, trypsin inhibitors, α -amylase and lipase. The shell and seeds have high energy values and total carbohydrates and together represent about 50% of the total fruit. In the shell there is a predominance of monomeric anthocyanins and higher levels of fiber (crude and food), lipids, proteins, nitrate, vitamin C and β -carotene, than in the other fractions fresh. The flesh has a higher acidity, lower pH, higher levels of phenolic compounds and inhibitors of α -amylase, lipase and soluble solids. Oxalic acid was not found in any of the fractions and lycopene was found only in the seed. High antioxidant activities were obtained in the shell and seed. Drying at 45°C influenced the pH and titrable acidity of the seed, and the soluble solids content, as well as the levels of the three enzyme inhibitors. An increase in the activity of the trypsin inhibitor and α -amylase and a decrease in the activity of lipase inhibitory were observed. With drying there was a decrease of the 30% in the anthocyanins of shell, of 89 and 79% of vitamin C (of the shell and seed, respectively), as well as in the antioxidant extracts that were analyzed. An increase in lycopene content of phenol compounds was observed after the drying process. The low levels of antinutrients and high levels of antioxidant and vitamin C found in the shell and seeds allow the use of fractions of litchi as sources of nutrients and natural antioxidants.

Keywords: *Litchi chinensis*. Shell. Flesh. Seed.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	13
1	INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1	Objetivo geral	15
1.2	Objetivos específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Aspectos gerais da lichia	16
2.2	Características da cultivar Bengal	18
2.3	Qualidade dos frutos	19
2.4	Nutrientes	20
2.4.1	Composição Centesimal	20
2.5	Compostos bioativos	22
2.5.1	Inibidores de tripsina	23
2.5.2	Inibidores de α-amilase	24
2.5.3	Inibidores de lipase	26
2.5.4	Ácido oxálico	26
2.5.5	Nitratos	27
2.5.6	Antioxidantes	28
2.5.6.1	Vitamina C	30
2.5.6.2	Fenólicos totais	31
2.5.6.3	Antocianinas	32
2.5.6.4	Carotenóides	34
2.6	Acidez titulável (AT) e pH	35
2.7	Sólidos solúveis	36
2.8	Secagem aplicada a alimentos	36
	REFERÊNCIAS	38
	CAPÍTULO 2: Constituintes químicos das frações de lichia: composição centesimal, parâmetros físico-químicos e químicos ..	50
1	INTRODUÇÃO	52
2	MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1	Material	54
2.2	Preparo das amostras e instalação do experimento	54
2.3	Delineamento experimental	55
2.4	Massa média e proporção das frações no fruto	55
2.5	Composição centesimal	55
2.6	Valor energético total (VET)	56
2.7	Sólidos solúveis, pH e acidez titulável	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1	Massa média e proporção nas frações do fruto	57
3.2	Composição centesimal e valor energético total	58

3.3	Sólidos solúveis, pH e acidez titulável.....	62
4	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65
	CAPÍTULO 3: Constituintes químicos das frações de lichia: compostos bioativos com ação antinutricional.....	67
1	INTRODUÇÃO	69
2	MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1	Material	71
2.2	Preparo das amostras e instalação do experimento	71
2.3	Delineamento experimental	72
2.4	Ácido Oxálico	72
2.5	Nitratos	72
2.6	Atividade inibitória de tripsina	73
2.7	Atividade inibitória de α -amilase	73
2.8	Atividade inibitória de lipase.....	74
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
3.1	Ácido oxálico e nitrato	76
3.2	Atividade inibitória de tripsina, α -amilase e lipase	78
4	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83
	CAPÍTULO 4: Frações de lichia: fitoquímicos bioativos e avaliação da capacidade antioxidante	86
1	INTRODUÇÃO	88
2	MATERIAL E MÉTODOS	91
2.1	Material	91
2.2	Preparo das amostras e instalação do experimento	91
2.3	Delineamento experimental	92
2.4	Preparo dos extratos para determinação da atividade antioxidante.....	92
2.5	Atividade antioxidante	93
2.5.1	Atividade antioxidante pelo método do DPPH'	93
2.5.2	Atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico... ..	94
2.6	Compostos fenólicos totais.....	95
2.7	Vitamina C	95
2.8	β -caroteno e licopeno.....	95
2.9	Antocianinas	96
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
3.1	Compostos fenólicos, vitamina C, β -caroteno e licopeno	97
3.2	Atividade antioxidante dos extratos das frações de lichia	101
3.3	Antocianinas	106
3.4	Análise das componentes principais	108
4	CONCLUSÃO	112

REFERÊNCIAS	113
ANEXOS	118

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, pesquisadores em todo o mundo têm se preocupado com a importância da alimentação na manutenção da saúde e na prevenção a doenças. Com o crescimento populacional, torna-se trivial a necessidade de um aumento constante na produção de alimentos e a conscientização da população para evitar o desperdício, principalmente de partes tradicionalmente descartadas dos alimentos.

Aliados aos avanços da ciência e ancorados na divulgação das propriedades nutricionais dos alimentos e suas potenciais ações benéficas à saúde humana, prevenindo e tratando doenças, as frutas tropicais exóticas têm sido consideradas promotoras da saúde e peças-chave na promoção da qualidade de vida (MENCARELLI et al., 2010; SUN et al., 2010). Dentre estas, a lichia (*Litchi chinensis* Sonn) é um fruto de clima subtropical a tropical, originário da China e perfeitamente adaptado às condições climáticas brasileiras. Possui boa aceitação em todo o mundo e sua cultura é relativamente nova no Brasil sendo implantada, pioneiramente, no interior de São Paulo e de Minas Gerais.

Os frutos da lichieira são produzidos em cachos, possuem casca vermelha, rugosa e fácil de ser retirada, polpa gelatinosa, translúcida e de excelente sabor, lembrando ao de uva ‘Itália’ e que não é aderente a semente.

A polpa da lichia possui pouca gordura, poucas calorias e muita água. Mesmo a casca sofrendo escurecimento enzimático poucos dias após a colheita este escurecimento causa pouca alteração na qualidade da polpa, que apresenta boa quantidade de vitamina C, vitaminas do complexo B, cálcio, sódio e potássio.

A lichia possui uma única semente que varia de tamanho e forma de acordo com a cultivar e que corresponde a uma grande fração do fruto. Os subprodutos da lichia, como a casca e a semente, costumam ser descartados pela indústria e consumidores, podendo ser aproveitados como fonte alternativa de nutrientes, desde que não apresentem fatores antinutricionais em quantidades prejudiciais ao organismo.

Muitas pesquisas mostram que, além dos nutrientes, existem vários compostos nos alimentos que podem exercer efeitos benéficos e outros, tóxicos ao organismo.

Neste contexto, surgem os antioxidantes e os compostos fenólicos, os quais têm sido reportados por proporcionarem diversos benefícios ao organismo como prevenção contra o câncer, doenças cardiovasculares, doenças crônicas e envelhecimento; e outros compostos bioativos, como os inibidores de tripsina, de lipase e os nitratos, que, além de comprometerem o metabolismo basal, sendo designados antinutricionais, podem também apresentar propriedades terapêuticas.

A caracterização e a utilização de subprodutos da produção agrícola tornam-se, então, importantes instrumentos para agregar valor aos produtos vegetais, originar fontes alternativas de renda e reduzir a geração de resíduos. Desta forma, a perspectiva de melhor utilização da lichia, sobretudo de suas frações casca e semente, do ponto de vista tecnológico e nutricional, agrega valor ao fruto.

Em comparação ao grande número de estudos existentes referentes a frutos bastante conhecidos, pouco se conhece sobre a caracterização química dos subprodutos da lichia. Torna-se, no entanto, necessário investigar não só os nutrientes como também os compostos bioativos, cujo papel tem sido amplamente discutido.

Diante do exposto, neste trabalho foram estudados os constituintes das frações de frutos de lichieira da cv. Bengal, para um melhor conhecimento das suas composições químicas, fornecendo suporte para futuros estudos desse fruto, bem como melhor utilização de seus resíduos.

1.1 Objetivo geral

Estudar as frações casca, polpa e semente de lichia da cv. Bengal quanto aos seus constituintes químicos; a atividade antioxidante e os compostos bioativos destas frações, com a finalidade de assegurar o seu uso em formulações dietéticas e produtos industrializados, promovendo maior aproveitamento deste fruto e agregando, assim, valor ao produto.

1.2 Objetivos específicos

- a) determinar as proporções das frações que constituem o fruto inteiro, a composição centesimal, os sólidos solúveis, pH e acidez titulável;
- b) caracterizar quimicamente os constituintes nutricionais e compostos bioativos destas frações;
- c) avaliar a atividade de inibição de tripsina, lipase e α -amilase do extrato das diferentes frações;
- d) determinar a atividade antioxidante *in vitro* de diferentes extratos destas frações;
- e) comparar os resultados obtidos das frações casca e semente *in natura* com as frações submetidas à secagem a 45°C.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da lichia

A lichieira é uma planta da família *Sapindaceae*, gênero *Litchi*, espécie *Litchi chinensis*, nativa da região compreendida entre o sul da China e o norte do Vietnã, onde é cultivada a mais de três mil anos. Seu fruto é cultivado comercialmente em diversos países como: China, Taiwan, Tailândia, Vietnã, Indonésia, Índia, Paquistão, Estados Unidos, Brasil e Israel (JANJAI et al., 2010; RUENROENGKLIN et al., 2009).

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é a mais renomada fruta da família das Sapindáceas. É considerada, em todo o mundo, a rainha das frutas, devido à sua aparência e sabor delicado. Compara-se às melhores frutas, pois além de ser rica em minerais e vitaminas, apresenta sabor agradável, semelhante ao da uva ‘Itália’ (MARTINS; BASTOS; SCALOPPI JUNIOR, 2001).

É um fruto tropical a subtropical, de elevado valor comercial, que possui casca com coloração vermelha atraente, arilo branco, translúcido, muito apreciado por seu sabor doce e que apresenta alto teor de açúcares, além de minerais como potássio, magnésio, fósforo e vitaminas como riboflavina, niacina e tiamina, em quantidades apreciáveis (MARTINS, 2005; SAXENA et al., 2011; SUN et al., 2009).

No Brasil, a introdução da cultura da lichia se deu em 1810, como planta ornamental. A grande rentabilidade da lichia resultou na expansão do seu cultivo pelo estado de São Paulo, que é o principal produtor, com aproximadamente 80% da produção brasileira, e para Minas Gerais, estado responsável por cerca de 15% da produção nacional e que abriga o maior percentual de lichieiras do país, no entanto são árvores jovens, que ainda não atingiram pico de produção (LICHIAS.COM ALIMENTOS, 2012; SMARSI et al., 2008).

A cultivar mais plantada no Brasil é a ‘Bengal’, principalmente no norte de São Paulo e sul de Minas Gerais. Estima-se que sejam produzidas anualmente, no Brasil, cerca de 1,2 milhões de toneladas da fruta, sendo a colheita concentrada entre fins de novembro e início de janeiro (LICHIA..., 2011; LIMA et al., 2010; XU et al., 2010).

Além da importância nutricional, a lichia é considerada alternativa econômica viável, uma vez que seus frutos adquirem destaque comercial devido ao seu delicioso sabor e à coloração atrativa de sua casca, o que a torna muito popular no mercado nacional e internacional e gera possibilidades para exportação de frutos (XU et al., 2010).

O principal país exportador de lichias é a China, responsável por exportar cerca de 1,3 milhões de toneladas anualmente, o que corresponde a 60% da produção mundial. Apesar da produção brasileira ainda ser considerada limitada, o aumento da produção, em âmbito nacional, poderá tornar a lichia um fruto popular no país e ainda conquistar novos mercados, pois a cultura da lichia tem sido cotada como alternativa econômica no cenário brasileiro, e apesar da elevada produção na China, há reais possibilidades de exportação de lichia brasileira, uma vez que a oferta do fruto, no Brasil, ocorre na entressafra dos principais países produtores (LICHIA..., 2011; LIMA et al., 2010; XU et al., 2010).

A lichia é uma drupa, de tamanho, peso e formato variáveis, podendo ser arredondada, ovóide ou cordiforme, atingir 5,0 cm de comprimento, 4,0 cm de largura, e peso entre 10 e 35 g (ALVES, 2009).

Os frutos maduros pesam, em média, 22 g dos quais cerca de 56% são polpa, 25% são casca e 19% são sementes. A porção comestível destes frutos é a polpa, que é muito suculenta e aromática, sendo caracterizada pelo sabor agri-doce. A casca é verde, rosa ou vermelho brilhante dependendo do estágio de

maturação e da cultivar, além de apresentar uma única semente, lisa e marrom (LIMA et al., 2010; MENZEL; WAITE, 2005).

Seu fruto pode ser dividido em cinco componentes (Fig. 1), no entanto, subprodutos da lichia são constituídos da casca e da semente (com o tegumento no qual é envolvida), que depois de separados da polpa, são descartados pela indústria e consumidores (PRASAD et al., 2009).

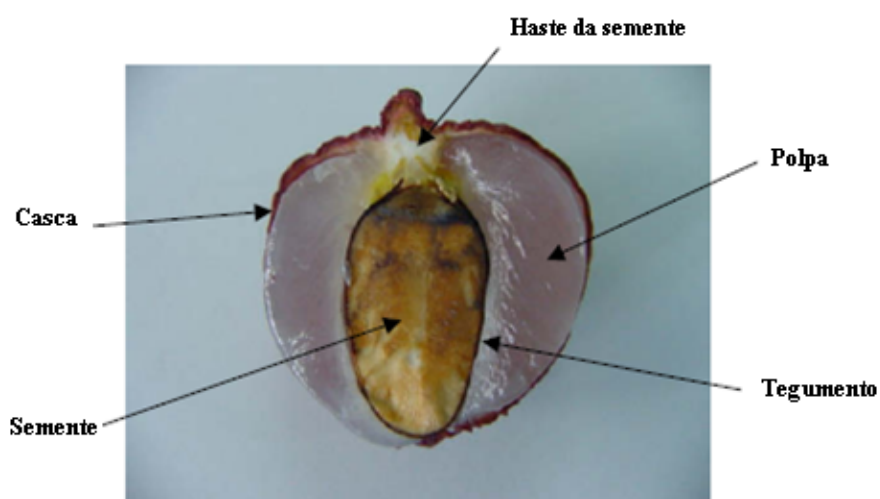


Figura 1 Anatomia do fruto de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)
Adaptado de Janjai et al. (2010)

2.2 Características da cultivar Bengal

A cultivar Bengal é originária da Índia. Seus frutos são grandes (de 23 a 27 gramas), apresentam-se dispostos em cachos que podem possuir até 50 frutos. Sua época de produção é considerada precoce, com colheita, no Brasil, entre novembro e dezembro (CHEN; HUANG, 2001).

Quando maduros, os frutos da cv. Bengal apresentam coloração vermelha intensa, o que os torna muito atrativos. O formato do fruto pode variar

de ovóide a cordiforme. A casca é grossa e muito áspera e a polpa é translúcida, macia, doce e moderadamente succulenta. Os frutos apresentam 56% de polpa, o que indica a presença de uma semente relativamente grande (LIMA et al., 2010).

2.3 Qualidade dos frutos

A qualidade pós-colheita dos frutos relaciona-se a um conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciados como alimento. Esses atributos, por sua vez, dependem do mercado de destino, armazenamento, consumo *in natura* ou processamento. Com a mudança dos hábitos alimentares da sociedade moderna cresce a busca por produtos com qualidade e conveniência tais como: aparência, sabor, aroma, textura e principalmente, valor nutricional, baseado no valor energético, protéico, mineral, vitamínico, teor de fibras; além da segurança alimentar (relacionada à presença de compostos tóxicos, naturais e/ou adicionais) e microbiológica, que podem comprometer a saúde do consumidor (CARVALHO et al., 2001; MORAES et al., 2004; VILAS-BOAS, 2004; VILAS-BOAS et al., 2004).

A cor, tamanho, forma, turgescência e ausência de defeitos externos são critérios que o consumidor utiliza para decidir a compra de um produto. A aparência de um fruto é o fator de qualidade mais importante na determinação do valor comercial.

Segundo Lima et al. (2010), o grande atrativo da lichia é a coloração vermelha da casca, um dos mais importantes aspectos de qualidade, e que se torna escura cerca de três dias depois do fruto ser colhido, prejudicando sua comercialização e sendo fator decisivo na aquisição do produto, mas que causa pouca alteração na qualidade da polpa.

A polpa da lichia apresenta sabor agradável e muito apreciado, além de possuir alto valor nutricional, sendo rica em vitamina C (50 mg 100g⁻¹ de polpa)

e outras vitaminas e minerais importantes à dieta humana (8 mg de cálcio, 38 mg de fósforo, 0,8 mg de ferro, 17 mg de potássio, 0,02 mg de vitamina B₁, 0,05 mg de vitamina B₂ e 0,3 mg de niacina (vitamina B₃) em 100g de polpa) (LORENZI et al., 2006).

2.4 Nutrientes

Os constituintes dos alimentos essenciais à dieta humana e animal estão divididos em macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos) e micronutrientes (vitaminas e minerais), além da água e fibras alimentares que, apesar de não serem considerados nutrientes, são essenciais à manutenção da saúde (LIMA, A., 2009).

As necessidades dos seres humanos em carboidratos, proteínas, lipídeos, minerais, vitaminas e fibras precisam estar em equilíbrio e, para que a população consuma equilibradamente esses nutrientes, tornam-se necessários dados sobre a composição dos alimentos.

2.4.1 Composição Centesimal

A composição centesimal ou percentual exprime, de forma geral, o valor nutritivo de um alimento e corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100g do alimento avaliado. Os grupos de substâncias considerados homogêneos são aqueles que se encontram em todos os alimentos: umidade, lipídeos ou extrato etéreo, proteínas, fibras, cinzas ou resíduo mineral fixo e glicídios ou ENN (extrato não nitrogenado), determinado por diferença (VILAS-BOAS, 2004).

O extrato etéreo inclui, além das gorduras, substâncias solúveis em éter, como os ácidos graxos livres, os mono, di e triacilglicerídeos, alguns pigmentos

lipossolúveis, ceras, resinas, glicolípídeos e algumas vitaminas também podem ser extraídas. Nos frutos, os maiores teores de lipídeos são encontrados nas cascas e sementes (CECCHI, 2001; TABELA..., 2006). Segundo Menzel (2002), o teor de lipídeos encontrados na polpa de lichia fresca é de 0,1%.

As proteínas exercem funções vitais ao organismo. São compostas por aminoácidos, alguns essenciais por não serem sintetizados pelo organismo, devendo, desta forma, ser obtidos através da alimentação.

Frutos não são boas fontes de proteínas, em geral apresentam em torno de 1%, sendo a casca a fração mais rica em proteína (GONDIM et al., 2005), que geralmente é descartada.

Segundo Menzel (2002), polpas de lichia, cultivadas na Austrália e de variedade não relatada, apresentam 1,1% de proteínas. Este valor difere de Deng, Han e Li (2005), que encontraram menores teores de proteínas na polpa de lichia chinesas da cultivar 'Haak Yip' (0,7 %).

As fibras alimentares consistem dos remanescentes das células vegetais, polissacarídeos, lignina e substâncias associadas, resistentes à hidrólise pelas enzimas endógenas do tubo digestivo humano (GONÇALVES et al., 2007).

Há um grande interesse nas fibras alimentares, uma vez que se associam às dietas ricas em fibras, uma melhor saúde do cólon, menor incidência de diabetes e pressão arterial e menor nível de colesterol. Relacionam-se também à prevenção de várias doenças, dentre elas, o câncer, além de desempenhar, no organismo, atividades hipoglicemiantes, hipocolesterolêmicas e hipotrigliceridêmicas (LEMAY et al., 2002; MAIHARA et al., 2006).

As cinzas correspondem à fração inorgânica ou mineral dos alimentos. Os minerais desempenham papel fundamental ao organismo, pois regulam a atividade de diversas enzimas, o equilíbrio ácido-base, a pressão osmótica, as atividades muscular e nervosa, facilitam a transferência de compostos essenciais

através da membrana e, em alguns casos, fazem parte da constituição dos tecidos do organismo (SHILS; OLSON; SHIKE, 1994).

Segundo Gondim et al. (2005), os frutos são considerados as principais fontes de minerais da dieta humana, sendo nas cascas encontrados teores minerais mais elevados que nas polpas.

Polpas frescas de lichia apresentam 0,48% de cinzas, os quais são constituídos de minerais como potássio, magnésio e fósforo em quantidades apreciáveis (MOTTA, 2009).

A fração glicídica corresponde aos carboidratos que não estão incluídos na fração fibras. É a fonte de energia mais prontamente disponível dos alimentos, constituída principalmente pelo amido nos cereais e legumes, por açúcares como a frutose e a sacarose nos frutos e lactose no leite (VILAS-BOAS, 2004). A polpa de lichia apresenta 15% de carboidratos, dos quais 12,5 a 14,4% são açúcares totais (LIMA, R., 2009; MENZEL, 2002).

2.5 Compostos bioativos

Os alimentos de origem vegetal apresentam compostos com atividades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como: antioxidantes, antiinflamatórias e hipocolesterolêmica. A possibilidade de reduzir o risco de doenças por meio da dieta tem atraído à atenção tanto da comunidade científica como das indústrias alimentícias, com o objetivo comum de desenvolver os atualmente conhecidos como “alimentos funcionais”, alimentos ricos em um ou mais compostos bioativos que apresentam efeitos positivos na saúde (PINTO, 2008).

As substâncias bioativas podem ser definidas como nutrientes e/ou não nutrientes com ação metabólica ou fisiológica específica. Estas substâncias podem exercer seus efeitos agindo como antioxidantes, ativando enzimas de detoxificação hepática, bloqueando a atividade de toxinas virais ou bacterianas,

inibindo a absorção do colesterol, diminuindo a agregação plaquetária, ou destruindo bactérias gastrintestinais nocivas. Algumas destas substâncias bioativas já possuem alegações comprovadas: ácidos fenólicos, ácidos graxos (monoinsaturados, ω -3 e ω -6), bicarbonato de sódio, cafeína, estearato de sódio, frutooligossacarídeos (FOS), inulina, fibras, fibra da aveia (β -glucanas), fitoesteróis, lactulose, licopeno, manitol, Psilium (*Plantago ovatae*), sorbitol, quitosana e xilitol (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2011; PENNINGTON, 2002).

Segundo Negri (2005), há muitas substâncias extraídas de plantas que reduzem o nível de glicose no sangue e a grande variedade de classes químicas indica que uma diversidade de mecanismos de ação deve estar envolvida na redução deste nível. Algumas destas substâncias podem ter potenciais terapêuticos, enquanto outras podem produzir hipoglicemia com efeito colateral devido à sua toxicidade, especialmente hepatotoxicidade.

2.5.1 Inibidores de tripsina

Os inibidores de enzimas digestivas, quando ingeridos, inibem a ação de enzimas importantes para o metabolismo normal do organismo humano (GENOVESE; LAJOLO, 2000).

Os inibidores de proteases são proteínas de ampla distribuição no reino vegetal, capazes de inibir as atividades da tripsina, quimiotripsina e carboxipeptidase. Estão relacionados com a redução da taxa de crescimento e às alterações metabólicas do pâncreas de animais monogástricos. Os inibidores de proteases, em sua maioria, são destruídos pelo calor, devido a sua natureza protéica (AL-WESALI et al., 1995; GALAN, 2009).

Quando são ingeridos alimentos indevidamente cozidos que contenham inibidores de tripsina, estes inibidores são capazes de bloquear a ação da

tripsina, enzima proteolítica produzida pelo pâncreas, resultando num aumento da concentração plasmática do hormônio colecistoquina. Desta forma, o pâncreas é continuamente estimulado a liberar mais enzimas, provocando a hipertrofia pancreática e a redução da taxa de crescimento do animal ou do homem, por perdas endógenas de aminoácidos essenciais, que são eliminados nas fezes (LIMA, A., 2009; PISULEWSKA; PISULEWSKI, 2000).

Quantidades não relatadas de inibidor de tripsina reduzem a digestibilidade protéica e causam inibição do crescimento e hipertrofia pancreática. No entanto, os mesmos podem apresentar efeitos fisiológicos positivos, como a inibição da carcinogênese (HATHCOCK, 1991; KENNEDY, 1995).

Os inibidores de tripsina são encontrados em diversas partes dos vegetais, sobretudo em cascas e sementes de frutos. Segundo Lima et al. (2008), os maiores teores de inibidores de tripsina encontrados em frações de jabuticaba estão na casca (6,42 unidades de tripsina inibida mg^{-1} MS) e na semente (5,23 unidades de tripsina inibida mg^{-1} MS) para as variedades Sabará e Paulista, respectivamente.

2.5.2 Inibidores de α -amilase

As α -amilases (E.C. 3.2.1.1) são enzimas que catalisam a hidrólise de polissacarídeos, como o amido ou o glicogênio, em plantas, animais e microrganismos (DIJONOV et al., 2008; MACGREGOR; JANECEK; SVENSSON, 2001; WANG et al., 2008).

Diversas plantas produzem inibidores de amilases, especialmente em sementes e tubérculos e o número desses inibidores isolados e identificados é extremamente grande (PAYAN, 2004; SIVAKUMAR et al., 2006; WANG et al., 2008).

Existem diversas especulações a respeito da síntese desses inibidores pelo vegetal, dentre elas, (a) a hipótese desses inibidores participarem em processos de desenvolvimento da planta, incluindo a programação de morte celular (SOLOMON et al., 1999); (b) de controlarem a atividade de amilase durante a germinação prematura de sementes, por prevenir a mobilização do amido armazenado (NIELSEN et al., 2004); (c) de exercerem papel importantíssimo na defesa das plantas, que os produzem contra patógenos (SIVAKUMAR et al., 2006).

A inibição desta enzima pode ter uma grande variedade de aplicações, por exemplo, o tratamento de diabetes tipo II e a obesidade, com possibilidades de redução dos níveis de glicemia pós-prandial e de redução moderada das taxas de hemoglobina glicosilada (HbA1c). Esses efeitos podem ocorrer devido ao retardamento da digestão de carboidratos, que por sua vez torna mais lenta a absorção de glicose (KANDRA et al., 2005; RABASA-LHORET; CHIASSON, 2004; UDANI; SINGH, 2007).

Estudos em humanos mostraram que a perfusão de inibidor de α -amilase parcialmente purificado no duodeno inibiu significativamente a atividade da amilase durante a ingestão do amido (LAYER; CARLSON; DIMAGNO, 1985). A ingestão de inibidor purificado junto com 50g de amido reduziu os níveis de glicemia pós prandial em indivíduos diabéticos (LAYER; ZINSMEISTER; DIMAGNO, 1986). O efeito em longo prazo do inibidor de α -amilase no trato gastrointestinal foi, contudo, pouco estudado (TORMO et al., 2004).

A utilização de 100 mg do inibidor de α -amilase por kg^{-1} de peso corporal dia^{-1} , durante 22 dias reduz significativamente os níveis de glicemia e o peso. Em contraponto, doses de 20 a 40 mg por 80g^{-1} de peso corporal dia^{-1} , durante 10 dias ocasiona depressão significativa do crescimento (PUSZTAI et al., 1995; TORMO et al., 2006).

2.5.3 Inibidores de lipase

As lipases (E.C. 3.1.1.3) são enzimas hidrolíticas presentes em diversos organismos, incluindo animais, plantas, fungos e bactérias. Em seu ambiente natural, estas enzimas possuem função de catalisar a hidrólise de triacilgliceróis a ácidos graxos correspondentes e glicerol (COSTA; AMORIN, 1999).

Agentes antilipase são inibidores de lipases digestivas, como as gástricas e as pancreáticas. Como a hidrólise dos triacilgliceróis ingeridos na dieta é essencial para a sua posterior absorção, os agentes antilipase agem por meio da redução ou do bloqueio da digestão de gorduras (consequentemente, bloqueio de calorias), impedindo a assimilação das mesmas e, portanto, simulam o efeito da redução da ingestão de alimentos (PEREIRA, 2009). Isto porque os inibidores de lipases se ligam de maneira irreversível no sítio ativo da lipase, por meio de ligações covalentes. Assim, os triacilglicerídios ingeridos não são hidrolisados, consequentemente, não são absorvidos pelo intestino delgado, sendo eliminados nas fezes (GODOI; TEIXEIRA; TOKUMOTO, 2012).

Inibidores de lipases pancreáticas são usados como fármacos no tratamento da obesidade e de outras síndromes metabólicas (ALEMANY et al., 2003) e atuam como compostos bioativos em alimentos (MÖLLER; ROOS; SCHREZENMEIR, 2009).

2.5.4 Ácido oxálico

O oxalato, frequentemente encontrado em vegetais como o espinafre, acelga, beterraba, tomate, nozes e cacau (KRAUSE; MAHAN, 1991; MASSEY; ROMAN-SMITHI; SUTTON, 1993), quando absorvido, não pode ser metabolizado pelos humanos e é excretado na urina. A elevada quantidade de oxalato na urina aumenta o risco da formação de cálculos de oxalato de cálcio

nos rins, pois o oxalato de cálcio é pouco solúvel na urina e sua precipitação no organismo diminui a disponibilidade de cálcio para a realização de vários processos fisiológicos, além de afetar a absorção do ferro, magnésio e zinco (MANDEL, 1996; MASSEY; ROMAN-SMITHI; SUTTON, 1993).

O ácido oxálico tem sido responsável por um significativo número de efeitos prejudiciais ao homem e aos animais, em destaque à diminuição da biodisponibilidade de minerais, à irritação gastrointestinal, à contração muscular acompanhada por outros sintomas nervosos, à diminuição na capacidade de coagular o sangue, à possíveis lesões nos órgãos excretores, dentre outros, devido à deposição de oxalato de cálcio na forma cristalina (LOPES et al., 2009).

Estima-se que uma dieta normal deve conter de 50 a 200mg/dia, no entanto os níveis de ácido oxálico encontrado em 100g de alguns vegetais como o espinafre (822mg/100g) e a beterraba (328mg/100g) superam este valor (LOPES et al., 2009).

2.5.5 Nitratos

Os vegetais são fontes naturais de nitrato, composto utilizado como fonte de nitrogênio para o crescimento das plantas. Estima-se que os vegetais, em particular os verdes folhosos, contribuam com mais de 70% do nitrato total ingerido. No entanto, as concentrações normais de nitrato e nitrito nos alimentos naturais dependem do uso de fertilizantes e das condições nas quais os alimentos são cultivados, colhidos e armazenados (GUADAGNIN, 2004; WALKER, 1975).

Estudos enfatizam aspectos negativos quanto ao uso de nitratos e nitritos. A redução intestinal do nitrato a nitrito, com consequente absorção do mesmo, pode originar cianoses devido à formação de metamioglobina. O nitrito

reage com aminas secundárias de alimentos protéicos, produzindo nitrosamina, uma substância tóxica, mutagênica, carcinogênica, mesmo em baixas concentrações. Dentre algumas nitrosaminas, incluem-se as dimetilnitrosamina, dietilnitrosamina, dibutilnitrosamina, e muitas outras responsáveis pelo desenvolvimento de câncer no fígado, pulmões e rins (GEORGE et al., 2001; SANTOS, 2006).

A Organização das Nações Unidas, relata que o índice máximo de ingestão diária admissível de nitrato é de 5 mg kg^{-1} de peso e para o nitrito, $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (GALAN, 2009)

2.5.6 Antioxidantes

Reações de oxidação envolvem a formação de radicais livres, que desencadeiam a oxidação da membrana lipoprotéica e afetam a integridade estrutural e funcional da membrana celular (SOARES, 2002; SUN et al., 2010).

Apesar de quase todos os organismos possuírem defesas antioxidantes e sistemas de reparo para proteção contra danos oxidativos, estes sistemas são insuficientes para prevenir significativamente os danos (ISABELLE et al., 2010).

Antioxidantes são moléculas que desaceleram ou previnem reações oxidativas *in vivo* e *in vitro*, por participarem da etapa de terminação da cadeia de reações oxidativas. Desta forma, substâncias antioxidantes são capazes de prevenir ou retardar os efeitos deletérios da oxidação, inibindo o efeito da lipoperoxidação, sequestrando radicais livres e/ou quelando íons metálicos. Eles protegem o organismo do estresse oxidativo, definido como a elevação da formação de espécies reativas de oxigênio e que pode levar a doenças como o câncer, doenças cardiovasculares, entre outras (WANG; CAO; PRIOR, 1997; YANISHLIEVA; MARINOVA; POKORNY, 2006).

Os antioxidantes inibem a oxidação por dois mecanismos: o primeiro envolve a inibição da formação de radicais e o segundo envolve a eliminação de radicais formados pela doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a cadeia de reação (SOARES, 2002).

Antioxidantes naturais de extratos vegetais têm se tornado atrativos devido ao interesse dos consumidores em relação à segurança quando comparados aos antioxidantes sintéticos utilizados nos alimentos. Frutas e hortaliças contêm diversos compostos antioxidantes, tais como ácido ascórbico, tocoferol, glutathione, carotenóides e compostos fenólicos, que atuam na captura e neutralização de espécies oxidantes como o radical hidroxila ($\text{OH}\cdot$) e, desta forma, podem contribuir para a proteção contra o dano oxidativo (MERKEN; BEECHER, 2000; MILIAUSKAS; VENSKUTONIS; BEEK, 2004).

Estudos epidemiológicos indicam que o consumo de frutas e hortaliças ricas em compostos antioxidantes, como os compostos fenólicos, pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral e a mortalidade por alguns tipos de câncer (AMIN; YAZDANPARAST, 2007).

Nesta perspectiva, a lichia se destaca, sobretudo as frações casca e semente, ricas em compostos fenólicos, incluindo ácido gálico, flavonóides (procianidina B4, procianidina B2 e epicatequina), antocianinas (cianidina-3-rutinosídeo, cianidina-3-glicosídeo, quercetina-3-rutinosídeo e quercetina-3-glicosídeo) e em ácido ascórbico. Estudos farmacológicos apontam que os subprodutos da lichia possuem efeito anti-inflamatório, anti-hiperlipidêmico, anti-hiperglicêmico, hepato e cardioprotetores, além de elevada atividade antioxidante (BHOOPAT et al., 2011; LI et al., 2004; XU et al., 2011).

2.5.6.1 Vitamina C

Vitaminas são substâncias orgânicas que, embora presentes em pequenas quantidades nos alimentos, sobretudo nas frutas e hortaliças, são indispensáveis ao funcionamento do organismo, pois atuam na forma de co-fatores de enzimas. Sua ausência sistemática na dieta resulta, quase sempre, em crescimento e desenvolvimento deficientes e noutras perturbações orgânicas, configurando-se um quadro sintomatológico característico de carência (NELSON; COX, 2011).

A polpa da lichia é rica em vitamina C (50 mg) e constitui-se, também, boa fonte de vitaminas importantes à dieta humana como a vitamina B₁ (0,02 mg), vitamina B₂ (0,05 mg) e niacina (vitamina B₃) (0,3 mg), todos em 100g de polpa (LORENZI et al., 2006).

A vitamina C, também conhecida como ácido L-ascórbico (AA), é uma vitamina hidrossolúvel de extrema importância para o organismo humano (ROCHA et al., 2008).

É um composto fortemente antioxidante, comumente encontrado nas frutas e hortaliças, em quantidades variáveis com a espécie, cultivar, fatores ambientais, nutricionais e grau de maturação. Nos vegetais, atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória. Também atua extinguindo o oxigênio singlete ($O_2^{\cdot}$), evitando ou inibindo a peroxidação lipídica. Regenera a vitamina E (α -tocoferol) da forma oxidada para reduzida, potencializando a inibição da peroxidação lipídica nas membranas celulares. É utilizada como aditivo químico de alimentos para prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas. Também atua como quelante (sequestrador) de enzimas oxidativas (BERBARI; NOGUEIRA; CAMPOS, 1998; CHITARRA; CHITARRA, 2005; SUN et al., 2010).

As frutas e hortaliças são fontes de 95% de ácido ascórbico da alimentação humana, sendo este ácido um dos mais importantes nutrientes encontrados nestes alimentos (ANDRADE et al., 2002).

De acordo com Menzel (2002), a polpa de lichia cultivadas na Austrália apresenta 49 mg de vitamina C 100g^{-1} de polpa. Este valor difere dos encontrados por Wall (2006), que, estudando lichias de 3 variedades ('Bosworth 3', 'Groff' e 'Kaimana') obteve teores de vitamina C entre 21 e 36 mg 100g^{-1} , e por Deng, Han e Li (1999), que encontraram 15 mg de vitamina C em 100g da polpa de lichia da cultivar 'Haak Yip'.

2.5.6.2 Fenólicos totais

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos, são substâncias que apresentam radicais hidroxilas ligados a um anel benzênico. São formados no metabolismo secundário vegetal, derivados das rotas do ácido chiquímico, fenilpropanóides e via das pentose-fosfato. Neste grupo de fitoquímicos estão os compostos considerados mais importantes para a morfologia e fisiologia dos vegetais, uma vez que estão envolvidos em várias funções: propriedades sensoriais (aroma, cor, sabor e adstringência), crescimento, processo germinativo da semente, defesa contra pragas, entre outras (BALASUNDRAM; SUNDARAM; SAMMAN, 2006; BRAVO, 1998; LIU, 2007; RANDHIR; LIN; SHETTY, 2004).

A presença de compostos fenólicos em plantas tem sido muito estudada por estes apresentarem atividades farmacológicas, antinutricionais e também por inibirem a oxidação lipídica e a proliferação de fungos, além de participarem de processos responsáveis pela cor, adstringência e aroma em vários alimentos

(BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; MANDALARI et al., 2010; PELEG; BODINE; NOBLE, 1998) .

Em animais e humanos, observa-se sua capacidade de reagir com radicais livres, neutralizando-os. Além da atividade antioxidante direta, pesquisas recentes destacam múltiplas funções e mecanismos importantes relacionados à habilidade dos compostos fenólicos em se ligar a receptores celulares e a transportadores de membranas, além de influenciarem a expressão gênica e a adesão celular (MANACH; MAZUR; SCALBERT, 2005).

Substâncias fenólicas apresentam funções fisiológicas importantes, uma vez que desempenham papel fundamental na prevenção de doenças crônico-degenerativas, pois atuam como antioxidantes, além de exibirem propriedades antialérgicas, anti-inflamatórias, antimicrobiana e efeitos cardioprotetor e vasodilatador (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

A lichia é considerada importante fonte de compostos fenólicos, encontrados principalmente na semente e na casca, cuja coloração atrativa é atribuída, principalmente às antocianinas (PRASAD et al., 2009; RUENROENGKLIN et al., 2009).

As substâncias fenólicas são substâncias bastante ativas e podem reagir, nas formas reduzidas ou oxidadas, e de maneira reversível ou irreversível, com as proteínas, produzindo alterações em suas propriedades funcionais, sobretudo na digestibilidade de proteínas e na biodisponibilidade de alguns aminoácidos essenciais (SGARBIERI, 1996).

2.5.6.3 Antocianinas

As antocianinas são pigmentos hidrossolúveis responsáveis pela coloração avermelhada das flores, frutos e folhas. Pertencem ao grupo de compostos denominados flavonóides, considerados metabólitos secundários das

plantas. Existem cerca de 4.000 flavonóides, dos quais mais de 300 são antocianinas. Nas plantas alimentícias, as antocianinas são bastante difundidas, ocorrendo ao menos em 27 famílias, 73 gêneros e inúmeras espécies (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997; LIMA, A., 2009).

São conhecidas por apresentarem propriedades farmacológicas, sendo utilizadas para propósitos terapêuticos e apresentam como propriedades a supressão de radicais livres, a cardioproteção, a capacidade de redução dos níveis de colesterol e triglicérides, além de atuarem no diabetes, no mal de Alzheimer, como agentes antioxidantes, entre outras propriedades (ABDILLE et al., 2005; DUAN et al., 2007; WANG; MAZZA, 2002).

As antocianinas, presentes em altas concentrações na casca da lichia, são responsáveis pela sua coloração avermelhada (JIANG et al., 2004; UNDERHILL; CRITCHLEY, 1994).

A propriedade antioxidante das antocianinas se deve a sua alta reatividade como doadora de hidrogênio ou de elétrons e da habilidade da sua estrutura fenólica em estabilizar e deslocalizar elétrons desemparelhados, através de estruturas de ressonância, além de serem capazes de quelar metais de transição e íons (etapas de terminação de reações de Fenton) (DUAN et al., 2007; RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1997).

Duan et al. (2007) analisaram antocianina da casca de lichia no dia da colheita e encontraram valores médios de 0,2 mg g⁻¹ de massa fresca. O conteúdo de antocianinas encontrados na casca de lichia por Lima, A. (2009) foi superior ao reportado por Duan et al. (2007), e variaram entre 0,88 e 0,94 mg g⁻¹ de massa fresca. Cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutinosídeo, malvidina-3-glicosídeo e quercentina-3-rutinosídeo foram identificados como os principais pigmentos antociânicos, sendo a cianidina-3-glicosídeo o pigmento mais abundante na casca da lichia (SARNI-MACHADO et al., 2000; ZHANG et al., 2004).

2.5.6.4 Carotenóides

Os carotenóides formam um dos grupos de pigmentos naturais mais largamente encontrados na natureza. São responsáveis, em geral, pelas colorações do amarelo ao laranja, cuja intensidade de coloração depende da quantidade e tipo de pigmento presente. São conhecidos, atualmente, aproximadamente 600 tipos de carotenóides, sendo inclusive utilizados como aditivos (corantes) em alimentos. No entanto, é na nutrição que os carotenóides se destacam (BHAGAVATHY; SUMATHI, 2012; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os carotenóides têm recebido atenção considerável, pois estudos relatam que estes compostos, além do valor nutricional, contêm potenciais benefícios que extrapolam a síntese de vitamina A, como o fato de atuarem como agentes profiláticos contra diversas doenças, sobretudo o câncer. Alguns carotenóides, como a luteína e zeaxantina protegem o olho contra degeneração macular, a betacriptoxantina está associada à diminuição do risco de câncer de pulmão, e o consumo de produtos ricos em licopeno tem sido associado à proteção contra certos tipos de câncer, sobretudo o de próstata (BHAGAVATHY; SUMATHI, 2012; TIAN et al., 2007).

Estudos sugerem excelente ação antioxidante dos carotenóides no sequestro e inativação dos radicais livres, ação influenciada pelo número de duplas ligações conjugadas, presentes na estrutura do carotenóide. β -caroteno e licopeno são exemplos de carotenóides ciclizados e aciclizados, respectivamente, e exercem função antioxidante em fases hidrofóbicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas (TIAN et al., 2007; DI VAIO et al., 2008).

2.6 Acidez titulável (AT) e pH

Os ácidos orgânicos presentes nos tecidos vegetais podem se encontrar na forma livre ou esterificada (metila, propila, hexila, entre outros) e os ácidos fracos livres, na presença de seus sais de potássio, apresentam pequena variação no pH em função do equilíbrio estabelecido no sistema. Na célula, esses ácidos se encontram associados aos seus sais de potássio e constituem sistemas tampões, que têm importante papel, particularmente na regulação da atividade enzimática (ABBOTT; INGLEDEW, 2004).

Durante o processo de maturação, o teor de ácido orgânico tende a diminuir, devido à oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos em decorrência da respiração. A acidez normalmente decresce em função do avanço da maturação, podendo, assim, a variação da acidez ser um indicativo do estágio de maturação do fruto (OLIVEIRA, 2003).

A lichia é um fruto não-climatérico e por isso deve ser colhido com 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 (MOTTA, 2009).

De acordo com o Codex Alimentarius, (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2011), para a comercialização internacional da lichia, o fruto deve apresentar coloração vermelha uniforme, a relação entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez deve estar entre 2 e 3 e o diâmetro maior que 25 mm.

2.7 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis (SS) são compostos solúveis em água e seu teor é considerado importante parâmetro de qualidade do fruto. São determinados por refratometria e expressos em °Brix. O teor de SS fornece um indicativo da quantidade de açúcares existentes no fruto, considerando que os outros compostos, embora em reduzidas porções, também fazem parte, como por exemplo, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de SS sugere a doçura do fruto e é uma importante variável na determinação de seu sabor (KAWAMATA, 1997; NUNES, 2001).

O teor de sólidos solúveis encontrado na polpa da lichia fresca varia de 17,47 - 19,93% (WALL, 2006).

2.8 Secagem aplicada a alimentos

As principais causas de deterioração dos alimentos são de origem microbiana, química e enzimática. Estas reações ocorrem em função de condições intrínsecas ao alimento, como a sua composição e a atividade de água, e em decorrência de fatores externos a ele, como a temperatura, presença ou ausência de luz e oxigênio. Desta forma, os processos de conservação dos alimentos consistem, fundamentalmente, da adequação destas condições, a fim de manter as condições intrínsecas e extrínsecas desfavoráveis à deterioração dos alimentos (ARAÚJO, 2004).

Os métodos de desidratação são técnicas usadas na preservação de alimentos, que conservam os mesmos, pois reduzem a quantidade de água disponível e impedem o crescimento e a multiplicação de microorganismos que provocam a sua decomposição, além de cessarem as reações de muitas enzimas

responsáveis por alterações na constituição dos alimentos, que somente atuam em presença de água (ROMERO, 1997).

Recentemente, o consumo de frutos secos tem se popularizado e se tornado uma alternativa aos frutos frescos, pois a desidratação aprimora o sabor e o “flavor”, despertando maior interesse no mercado internacional. Em geral, a comercialização de lichias secas ocorre na forma da polpa seca e do fruto inteiro seco, entretanto, alguns consumidores preferem adquirir, exclusivamente, a polpa seca (JANJAI et al., 2010).

A secagem, uma das técnicas de conservação mais utilizadas em alimentos, apresenta vantagens como simplicidade no processo, proteção contra microorganismos, além de extensão da vida de prateleira dos produtos. Quando aplicada nos subprodutos de lichia pode torná-los disponíveis em qualquer época do ano.

No entanto, com o processamento ocorrem, geralmente, perdas nos compostos bioativos em relação ao fruto fresco, resultando, quase sempre, na redução de compostos benéficos à saúde. Uma das principais razões se deve à diminuição da atividade antioxidante, sobretudo dos teores de vitamina C. Entretanto, diversos estudos apontam que mesmo submetidos à secagem é possível manter grande parte dos compostos bioativos, como os compostos fenólicos, incluindo antocianinas, os carotenóides e a atividade antioxidante, e que em alguns casos, não são encontradas perdas significativas no teor de compostos bioativos de frutos secos em comparação aos frutos *in natura* (CORREIA; BEIRÃO-DA-COSTA, 2011; NAYAK et al., 2011; VALLEJO; MARÍM; TOMÁS-BARBERÁN, 2012).

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, D. A.; INGLEDEW, W. M. Buffering capacity of whole corn mash alters concentrations of organic acids required to inhibit growth of *Saccharomyces cerevisiae* and ethanol production. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v. 26, n. 16, p. 1313-1316, Aug. 2004.
- ABDILLE, M. H. et al. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 4, p. 891-896, Apr. 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Alegações de propriedade funcional aprovadas**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- ALEMANY, M.; REMESAR, X.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Drug strategies for the treatment of obesity. **IDrugs**, New York, v. 6, n. 6, p. 566-572, June 2003.
- ALVES, J. A. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de bebida fermentada de lichia (*Litchi chinensis* Sonn)**. 2009. 169 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- AL-WESALI, M. et al. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the *in vitro* digestibility of casein. **Journal of the Science of the Food and Agriculture**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 431-437, Apr. 1995.
- AMIN, A.; YAZDANPARAST, R. Antioxidant and free radical-scavenging potential of *Achillea santolina* extracts. **Food Chemistry**, London, v. 104, n. 1, p. 21-29, Jan. 2007.
- ANDRADE, R. S. G. de et al. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 393-401, 2002. Edição especial.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 478 p.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 2, p. 191-203, Feb. 2006.

BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 82-86, jan./abr. 1998.

BHAGAVATHY, S.; SUMATHI, P. Evaluation of antigenotoxic effects of carotenoids from green algae *Chlorococcum humicola* using human lymphocytes. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Beijing, v. 2, n. 2, p. 109-117, Feb. 2012.

BHOOPAT, L. et al. Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 136, n. 1, p. 55-66, Jan. 2011.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, n. 11, p. 317-333, Nov. 1998.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Antocyanins as natural food colours: selected aspects. **Food Chemistry**, London, v. 58, n. 1, p. 103-109, Jan./Feb. 1997.

CARVALHO, H. A. de et al. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, maio/jun. 2001.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. São Paulo: UNICAMP, 2001. 212 p.

CHEN, H.; HUANG, H. China litchi industry: development achievements and problems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 558, n. 1, p. 31-39, 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CORREIA, P. R.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of acorn flours. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 76, n. 2, p. 196-202, Feb. 2011.

COSTA, V. E. U.; AMORIM, H. L. N. de. O emprego de lipases como agentes de resolução cinética de enantiômeros em síntese orgânica: aspectos gerais sobre a influência do solvente. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 6, p. 863-873, nov./dez. 1999.

DENG, X. M.; HAN, Z. H.; LI, S. H. Fruit tree biology. In: MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. (Ed.). **Litchi and Longan: botany, cultivation and uses**. Queensland: CABI, 2005. p. 141.

DI VAIO, C. et al. Antioxidant capacities, carotenoids and polyphenols evaluation of fresh and refrigerated peach and nectarine cultivars from Italy. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 4, p. 1225-1231, Aug. 2008.

DIJONOV, B. et al. Purification and of properties of midgut α -amylase isolate from *Morimus funereus* (Cleoptera: Cerambycidae) larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology. Biochemistry & Molecular Biology**, Oxford, v. 149, n. 1, p. 153-160, 2008.

DUAN, X. W. et al. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. **Food Chemistry**, Oxford, v. 101, n. 4, p. 1365-1371, Apr. 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Codex alimentarius commission**: proposed draft codex standard for tomatoes. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/>>. Acesso em: 24 nov. 2011.

GALAN, A. G. **Estudo da farinha e da goma de algaroba (*Prosopis spp*)**. 2009. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Inativação dos inibidores de proteases de leguminosas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 107-112, jul./dez. 2000.

GEORGE, M. et al. Incidence and a geographical distribution of sudden infant death syndrome in relation to content of nitrate in drinking water and groundwater levels. **European Journal of Clinical Investigation**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 1083-1094, Dec. 2001.

GODOI, T. G.; TEIXEIRA, M. A. C.; TOKUMOTO, P. M. **Ação celular de estrogênio e de antilipêmicos**. Rio Claro: UNESP, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/.../1416>>. Acesso em: 30 jan. 2012.

GONÇALVES, M. C. R. et al. Fibras dietéticas solúveis e suas funções nas dislipidemias. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 2, n. 22, p. 167-174, 2007.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em casca de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, out./dez. 2005.

GUADAGNIN, S. G. **Avaliação do teor de nitrato em hortaliças folhosas produzidas por diferentes sistemas de cultivo**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

HATHCOCK, J. N. Residue trypsin inhibitor: data needs for risk assessment. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 289, n. 9, p. 273-279, June 1991.

ISABELLE, M. et al. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chemistry**, London, v. 123, n. 1, p. 77-84, Jan. 2010.

JANJAI, S. et al. Diffusivity, shrinkage and simulated drying of litchi fruit (*Litchi Chinensis* Sonn.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 96, n. 2, p. 214-221, Jan. 2010.

JIANG, Y. et al. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 3, p. 443-446, Dec. 2004.

KANDRA, L. et al. Enzymatic synthesis of the new inhibitor of α -amylases: acarviosynil-isomaltosyl-spirothiohydantoin. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 340, n. 7, p. 1311-1317, May 2005.

KAWAMATA, S. Studies on sugar component for fruits by gas-liquid chromatography. **Bulletin Tokyo Agricultural Experiment Station**, Tokyo, v. 10, n. 1, p. 53-63, 1997.

KENNEDY, A. R. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. **American Institute of Nutrition**, Bethesda, v. 125, p. 733-743, 1995. Supplement.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1991. 194 p.

LAYER, P.; CARLSON, G. L.; DIMAGNO, E. P. Partially purified white bean amylase inhibitor reduces starch digestion *in vitro* and inactivates intraduodenal amylase in humans. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 88, n. 6, p. 1895-1902, June 1985.

LAYER, P.; ZINSMEISTER, A. R.; DI MAGNO, E. P. Effects of decreasing intraluminal amylase activity on starch digestion and postprandial gastrointestinal function in humans. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 91, n. 1, p. 41-48, Apr. 1986.

LEMAY, A. et al. Flaxseed dietary supplement versus hormone replacement therapy in hypercholesterolemic menopausal women. **Obstetrics & Gynecology**, New York, v. 100, n. 3, p. 495-504, Sept. 2002.

LI, W. L. et al. Natural medicines used in the traditional Chinese medical system for therapy of diabetes mellitus. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 92, n. 1, p. 1-21, 2004.

LICHIA no Brasil. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 6 out. 2010. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/agricola/category/fruticultura/>>. Acesso em: 15 maio 2011.

LICHIAS.COM ALIMENTOS. **Curiosidades**. Disponível em: <http://www.lichias.com/curiosidades_30.html>. Acesso em: 28 jan. 2012.

LIMA, A. J. B. **Caracterização e atividade antioxidante de jabuticaba [Myrciaria cauliflora (Mart.) O. Berg.]**. 2009. 159 p. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, A. J. B. et al. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58 n. 4, p. 416-421, 2008.

LIMA, R. A. Z. **Lichia**: qualidade e controle do escurecimento. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, R. A. Z. et al. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 914-921, jul./ago. 2010.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 207-219, Nov. 2007.

LOPES, C. O. et al. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 669-675, out./dez. 2009.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**: de consumo *in natura*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

MACGREGOR, E. A.; JANECEK, S.; SVENSSON, B. Relationship of sequence and structure to specificity in the α -amylase family of enzymes. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v. 1546, n. 1, p. 1-20, 2001.

MAIHARA, V. A. et al. Avaliação nutricional de dietas de trabalhadores em relação a proteínas, lipídios, carboidratos, fibras alimentares e vitaminas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 672-677, jul./set. 2006.

MANACH, C.; MAZUR, A.; SCALBERT, A. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. **Current Opinion in Lipidology**, London, v. 16, n. 1, p. 77-84, Feb. 2005.

MANDALARI, G. et al. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, n. 1, p. 166-174, Jan. 2010.

MANDEL, N. Mechanism of stone formation. **Seminars in Nephrology**, Philadelphia, v. 16, n. 5, p. 354-374, 1996.

MARTINS, A. B. G. Lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 27, n. 3, p. 337-339, dez. 2005.

MARTINS, A. B. G.; BASTOS, D. C.; SCALOPPI JUNIOR, E. J. **Lichieira (*Litchi chinensis* Soon)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 48 p. (Série de Frutas Potenciais).

MASSEY, L. K.; ROMAN-SMITHI, H.; SUTTON, R. A. L. Effect of dietary oxalate and calcium on urinary oxalate and risk of formulation of calcium oxalate kidney stones. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 93, n. 8, p. 901-906, Aug. 1993.

MENCARELLI, F. et al. Chemical and biochemical change of healthy phenolic fractions in winegrape by means of postharvest dehydration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 13, p. 7557-7564, June 2010.

MENZEL, C. M. **Lychee crop in Asia and the pacific**. Bangkok: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2002. 108 p.

MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. **Litchi and Longan: botany, production and uses**. London: CABI, 2005. 305 p.

MERKEN, H. M.; BEECHER, G. R. Measurement of foods flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 3, p. 577-597, Feb. 2000.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; BEEK, T. A. van. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, London, v. 85, n. 2, p. 231-237, Apr. 2004.

MÖLLER, N. P.; ROOS, N.; SCHREZENMEIR, J. Lipase inhibitory activity in alcohol extracts of worldwide occurring plants and propolis. **Phytotherapy Research**, London, v. 23, n. 4, p. 585-586, Apr. 2009.

MORAES, I. V. M. de et al. Influência do tempo de armazenamento e da cultivar na qualidade de morango (*Fragaria x Ananassa* Duch) minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2004. 1 CD-ROM.

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

NAYAK, B. et al. Bioactivity of antioxidants in extruded products prepared from purple potato and dry pea flours. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 15, p. 8233-8243, Aug. 2011.

NEGRI, G. Diabetes melito: plantas e princípios ativos naturais hipoglicemiantes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 121-142, Apr./June 2005.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 1274 p.

NIELSEN, P. K. et al. Barney α - amylases/subtilisin inhibitors: structure, biophysics and protein engineering. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v. 1696, n. 2, p. 154-164, Feb. 2004.

NUNES, E. E. **Caracterização química de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Smooth Cayenne**. 2001. 67 f. Monografia (Pós Graduação em Análise de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

OLIVEIRA, F. E. da R. **Aplicação de 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de pêssegos [*Prunus pérsica* (L.) Batsch] cultivares ‘Aurora 2’**. 2003. 26 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

PAYAN, F. Structural basis for the inhibition of mammalian and insect α -amylases by plant protein inhibitors. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v. 1696, n. 2, p. 171-180, Feb. 2004.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 371-378, 1998.

PENNINGTON, J. A. T. Food composition databases for bioactive food components. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 15, n. 4, p. 419-434, Aug. 2002.

PEREIRA, S. P. S. **Ação inibitória de extratos de plantas sobre lipase pancreática com ênfase em *Baccharis trimera* (Less.)**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PINTO, M. S. **Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.)**: caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PISULEWSKA, E.; PISULEWSKI, P. M. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 261-265, Aug. 2000.

PRASAD, N. K. et al. Identification of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) seeds. **Food Chemistry**, London, v. 116, n. 1, p. 1-7, Jan. 2009.

PUSZTAI, A. et al. Inhibition of starch digestion by α -amylase inhibitor reduces the efficiency of utilization of dietary proteins and lipids and retards the growth of rats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 125, n. 6, p. 1554-1562, Dec. 1995.

RABASA-LHORET, R.; CHIASSE, J. L. Alpha-glucosidase inhibitors. In: DEFONSO, R. A. et al. (Ed.). **International textbook of diabetes mellitus**. 3rd ed. New York: J. Wiley, 2004. p. 901-914.

RANDHIR, R.; LIN, Y. T.; SHETTY, K. Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Victoria, v. 13, n. 3, p. 295-307, Apr. 2004.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 152-159, Feb. 1997.

ROCHA, D. A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, dez. 2008.

ROMERO, J. T. et al. **Secagem de produtos alimentícios**. São José do Rio Preto: UNESP, 1997. 58 p.

RUENROENGKLIN, N. et al. Role of endogenous and exogenous phenolics in litchi anthocyanin degradation caused by polyphenol oxidase. **Food Chemistry**, London, v. 115, n. 4, p. 1253-1256, Apr. 2009.

SANTOS, M. A. T. dos. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006.

SARNI-MACHADO, P. et al. Phenolic composition of litchi fruit pericarp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 12, p. 5995-6002, Dec. 2000.

SAXENA, S. et al. Antioxidant and radioprotective properties of commercially grown litchi (*Litchi chinensis*) from India. **Food Chemistry**, London, v. 126, n. 1, p. 39-45, Jan. 2011.

SIVAKUMAR, S. et al. Inhibition of insect pest α -amylases by little and Finger and millet inhibitors. **Pesticides Biochemistry and Physiology**, New York, v. 85, n. 3, p. 155-160, June 2006.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996. 57 p.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M. **Modern nutrition in health and disease**. 8th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994. v. 2, 2069 p.

SMARSI, R. C. et al. Concentrações de ácido indolbutírico e tipos de substrato na propagação vegetativa de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 7-11, mar. 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71- 81, jan./mar. 2002.

SOLOMON, M. et al. The involvement of cysteine proteases and protease inhibitors genes in the regulation of programmed cell death in plants. **Plant Cell**, Rockville, v. 11, n. 3, p. 431-444, Mar. 1999.

SUN, J. et al. Antioxidant activities and contents of polyphenol oxidase substrates from pericarp tissues of litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 2, p. 753-757, Mar. 2010.

_____. Variations in contents of browning substrates and activities of some related enzymes during litchi fruit development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 120, n. 4, p. 555-559, May 2009.

TABELA brasileira de composição dos alimentos. Versão 2. Campinas: UNICAMP, 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela&PHPSESSID>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

TIAN, B. et al. Evaluation of the antioxidant effects of carotenoids from *Deinococcus radiodurans* through targeted mutagenesis, chemiluminescence, and DNA damage analyses. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v. 17, n. 6, p. 902-911, June 2007.

TORMO, M. A. et al. Hypoglycaemic and anorexigenic activities of an α -amylase inhibitor from White kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) in Wistar rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 92, n. 5, p. 785-790, July 2004.

_____. White bean amylase inhibitor administered orally reduces glycaemia in type 2 diabetic rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 96, n. 3, p. 539-544, Sept. 2006.

UDANI, J.; SINGH, B. B. Blocking carbohydrate absorption and weight loss: a clinical trial using a proprietary fractionated white bean extract. **Alternative Thermal Health Medicine**, San Diego, v. 13, n. 4, p. 32-36, Aug. 2007.

UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 34, n. 1, p. 115-122, 1994.

VALLEJO, F.; MARÍM, J. G.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). **Food Chemistry**, London, v. 130, n. 3, p. 485-492, Feb. 2012.

VILAS-BOAS, B. M. et al. Qualidade pós-colheita de melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 424-427, dez. 2004.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 80 p.

WALKER, R. Naturally occurring nitrate/nitrite in foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 26, n. 11, p. 1735-1742, Nov. 1975.

WALL, M. M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 6/7, p. 655-663, Sept./Nov. 2006.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal and Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 2, p. 304-309, Feb. 1997.

WANG, J.; MAZZA, G. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gamma-activated RAW 264.7 macrophages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 15, p. 4183-4189, July 2002.

WANG, J. R. et al. Molecular evolution of dimeric α - amylase inhibitor in will emmer wheat and its ecological association. **BMC Evolutionary Biology**, Basel, v. 3, n. 1, p. 91-105, Feb. 2008.

XU, X. et al. Flavonoid glycosides from the seeds of *Litchi chinensis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 4, p. 1205-1209, Feb. 2011.

_____. A-type proanthocyanidins from lychee seeds and their antioxidant and antiviral activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 22, p. 11667-11672, Oct. 2010.

YANISHLIEVA, N. V.; MARINOVA, E.; POKORNY, J. Natural antioxidants from herbs and spices. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 108, n. 9, p. 776-793, Sept. 2006.

ZHANG, Z. Q. et al. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. **Food Chemistry**, Oxford, v. 84, n. 4, p. 601-604, Mar. 2004.

CAPÍTULO 2

Constituintes químicos das frações de lichia: composição centesimal, parâmetros físico-químicos e químicos

RESUMO

A lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma planta da família das Sapindáceas, perfeitamente adaptada às condições climáticas brasileiras e pouco estudada quanto à composição química de seus frutos, sobretudo das frações casca e semente. Objetivou-se com este trabalho determinar a composição centesimal e alguns parâmetros químicos e físico-químicos das frações casca, polpa e semente *in natura* e da casca e semente submetidas à secagem a 45°C. Cada fração foi avaliada em sete repetições (de 20 frutos), em que foram analisadas a massa e a proporção de cada fração frente ao fruto inteiro, a composição centesimal, o valor energético total (VET) e os parâmetros químicos e físico-químicos: sólidos solúveis, pH e acidez titulável. As frações casca e semente de lichia, juntas, representam quase 50% do fruto. A casca e a semente da lichia apresentam elevados VET e teores de carboidratos. A casca apresenta os maiores teores de fibra (bruta e alimentar), lipídios, cinzas e proteínas quando comparados aos da polpa e semente. A polpa apresenta maior acidez, menor pH e maiores teores de sólidos solúveis. A secagem aumentou o pH da semente e os teores de sólidos solúveis na casca e semente.

Palavras-chave: *Litchi chinensis*. Frações do fruto. Nutrientes. Secagem.

ABSTRACT

The litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) is a plant of the family Sapindaceae, perfectly adapted to Brazilian climatic conditions and little studied when it comes to the chemical composition of this fruits, especially the shell and seed fractions. The aim of this work was to determine the chemical composition and some chemical and physico-chemical parameters of the fresh fractions shell, flesh and seed, and of the drying fractions seed and skin at 45°C. Each fraction was evaluated in seven replicates (20 fruits), in which the weight and the proportion of each fraction was examined against the whole fruit, centesimal composition, total energy value (TEV), chemical and physico-chemical parameters, soluble solids, pH and titrable acidity. The shell and seed fractions of litchi together represent almost 50% of the weight of the fruit. The shell and seeds of litchi have high levels of carbohydrates and TEV. The shell has the highest fiber content (crude and food), lipids, ash and protein when compared to flesh and seed. The flesh has a higher acidity, lower pH and higher soluble solids content. Drying the seeds increase the pH of the seed and the soluble solids content in the shell and seeds.

Keywords: *Litchi chinensis*. Fruit fractions. Nutrients. Drying.

1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento da alimentação saudável na manutenção da qualidade de vida trouxe consigo crescente busca por alimentos com alto valor nutricional, acessíveis à população. A utilização de alimentos alternativos para o combate à fome é assunto que recebe especial atenção no Brasil, nos últimos anos, especialmente pelos altos índices de desnutrição observados. Com isso, a procura por fontes alternativas de alimentos tem sido tópico de pesquisas extensivas nas últimas décadas.

Em trabalhos citados na literatura, observou-se que a lichia (*Litchi chinensis* Sonn) possui polpa doce, moderadamente succulenta e de grande valor nutritivo. Esta é um fruto de clima subtropical, originário da China e perfeitamente adaptado às condições climáticas brasileiras. Possui boa aceitação em todo o mundo e sua cultura é relativamente nova no Brasil sendo implantada, pioneiramente, no interior de São Paulo e sul de Minas Gerais (LIMA et al., 2010; MENZEL; WAITE, 2005).

A lichia é um fruto da família das Sapindáceas, possui casca vermelha, rugosa e fácil de ser retirada, polpa translúcida, macia, doce e uma única semente, cujo tamanho e forma variam de acordo com a cultivar e que corresponde a uma grande fração do fruto, frequentemente descartada (PRASAD et al., 2009).

Quando maduros, os frutos da cv. Bengal apresentam coloração vermelha intensa, o que os torna muito atrativos. Os frutos dessa cultivar apresentam em média 56% de polpa, 25% de casca e 19% de semente (LIMA et al., 2010).

Os subprodutos da lichia, como a casca e a semente costumam ser descartados pela indústria e consumidores, podendo ser aproveitados como fonte alternativa de nutrientes.

Informações sobre a composição química de alimentos não-convencionais ainda são bastante escassas e, neste contexto, as frações casca e semente de lichia podem se constituir numa alternativa para auxiliar a suplementação de dietas. Considerando os aspectos destacados, determinou-se a composição centesimal e alguns parâmetros físico-químicos das frações casca, polpa e sementes de lichia *in natura* e das frações casca e semente submetidas à secagem a 45° C, com a finalidade de assegurar o seu uso em preparações dietéticas e produtos industrializados, promovendo um maior aproveitamento deste fruto e, conseqüentemente, agregando-lhe valor.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os frutos de lichieira da cultivar Bengal foram colhidos em um pomar comercial da região de Nepomuceno, MG, a 864m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21° 12'Sul de latitude e 45° 23'de longitude.

As lichias foram colhidas pela manhã, com casca vermelho-intenso e levadas para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

2.2 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os frutos foram selecionados de acordo com uniformidade na coloração (casca vermelho-intenso), tamanho médio e ausência de defeitos. Após selecionados 280 frutos, estes foram lavados, sanificados com dicloroisocianurato de sódio 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ por 15 minutos, pesados, divididos em 2 lotes, cada qual com 7 repetições de 20 frutos e separados em frações (casca, polpa e semente). Cada segmento do vegetal foi pesado para caracterizar sua proporção frente ao fruto inteiro.

As frações casca, polpa e semente do primeiro lote (140 frutos) foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer (-20° C) até a execução das análises (frações *in natura*). As frações casca e semente do segundo lote (outros 140 frutos) foram secas em estufa, a 45° C, até peso constante e armazenadas em frasco âmbar, sendo necessários, aproximadamente, 4 dias para a secagem da casca e 8 para a da semente.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo analisadas as três frações do fruto *in natura* (casca, polpa e semente) com 7 repetições de 20 frutos cada parcela.

Para avaliar a influência da secagem a 45° C nos teores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável foram comparadas as frações *in natura* com as secas a 45° C. Para tanto, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, sendo constituídos 5 tratamentos (casca, polpa e semente *in natura* e casca e semente secas a 45° C), utilizando-se 7 repetições de 20 frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003), e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

2.4 Massa média e proporção das frações no fruto

As amostras foram pesadas após a higienização e logo após serem separadas nas frações casca, polpa e semente, para verificação do rendimento de cada fração em relação ao fruto inteiro.

2.5 Composição centesimal

Os teores de lipídio (extrato etéreo), proteína bruta (N x 6,25), cinzas e fibras (bruta e alimentares) foram quantificados utilizando o método descrito pela Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2005). A fração glicídica (extrato não nitrogenado) foi determinada pela diferença entre 100 e a soma das demais frações da composição centesimal. A umidade foi calculada

por gravimetria, pela diferença da amostra fresca e após secagem até peso constante.

2.6 Valor energético total (VET)

O VET foi calculado pela soma das calorias fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores de Atwater 4 kcal, 9 kcal e 4 kcal, respectivamente (RIBEIRO et al., 2003).

2.7 Sólidos solúveis, pH e acidez titulável

Os teores de sólidos solúveis foram determinados com auxílio de um refratômetro digital ATAGO PR-100, conforme metodologia preconizada pela AOAC (2005) e os resultados foram expressos em °Brix.

Para a determinação do pH e da acidez foram acrescentados 40 mL de água destilada a 10 g das amostras, que foram homogeneizados em mix e filtrados em tecido organza. O pH foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo a técnica da AOAC (2005). Após determinação do pH as amostras foram tituladas com NaOH 0,1 mol L⁻¹, usando fenolftaleína como indicador, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985) e Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008). Os resultados obtidos foram expressos em % de ácido málico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa média e proporção nas frações do fruto

Na Tabela 1 apresentam-se a massa média e a proporção de cada fração de lichia em relação ao fruto inteiro.

Houve diferença significativa para a massa em todas as frações analisadas. Observa-se, na Tabela 1, que a polpa apresentou maior massa (9,36 g) e, conseqüentemente, maior proporção frente ao fruto inteiro. Entretanto a casca e semente juntas representam cerca de 50% da massa do fruto, proporção elevada visto que estas frações são descartadas.

As proporções das frações encontradas neste experimento se assemelham às relatadas por Lima et al. (2010) que, estudando armazenamento de lichias da cv. Bengal, observaram que os frutos maduros pesam, em média, 22 g dos quais 56% são polpa, 25% são casca e 19% são sementes.

Tabela 1 Massa média e proporção de frutos inteiros de lichia e de suas frações

Frações	Massa Média g	Proporção %
Fruto inteiro	18,39	100
Casca	4,98B	27,08
Polpa	9,36A	50,90
Semente	4,05C	22,02

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

3.2 Composição centesimal e valor energético total

Os resultados obtidos para a composição centesimal e para o valor energético total (VET) das frações de lichia estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Houve diferença significativa para todos os parâmetros analisados.

A polpa da lichia (Tabela 2) apresentou elevado teor de umidade (83,91%), enquanto a semente possui o menor teor deste parâmetro (47,11%). A umidade encontrada na polpa da lichia, neste trabalho, se assemelha as reportadas por Wall (2006), que, estudando lichias de 3 variedades ('Bosworth 3', 'Groff' e 'Kaimana') encontraram umidade entre 79,05-81,89 % e por Holcroft e Mitcham (1996) que, em trabalho de revisão, observaram que a umidade da polpa de lichia varia entre 77-83%

Tabela 2 Composição centesimal, em g 100g⁻¹ de matéria fresca e VET das frações de lichia

Parâmetros	Casca	Polpa	Semente
Umidade	68,93 b	83,91 a	47,11 c
Lipídios	2,13 a	0,67 c	1,46 b
Proteínas	3,32 a	1,15 c	2,56 b
Cinzas	0,66 b	0,37 c	0,76 a
Fibra bruta	6,16 a	0,44 c	2,29 b
Carboidratos	18,80 b	13,46 c	45,82 a
VET (kcal 100g ⁻¹)	107,66	64,49	206,66

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 3 Composição centesimal, em g 100g⁻¹ de matéria seca das frações de lichia

Parâmetros	Casca	Polpa	Semente
Lipídios	6,97 a	3,80 b	2,77 c
Proteínas	10,86 a	6,68 b	4,83 c
Cinzas	2,17 a	1,82 b	1,44 c
Fibra bruta	18,89 a	2,32 c	4,33 b
Fibra alimentar solúvel	8,24a	1,52c	2,35b
Fibra alimentar total	18,21a	2,47c	4,07b
Carboidratos	61,11 b	85,38 a	86,63 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

As frações de lichia fresca (Tabela 2) apresentaram baixos teores de proteínas e lipídios, valores que se encontram de acordo com os reportados na literatura, cujos percentuais na polpa de lichia fresca é inferior a 1% de lipídios e 1,1% de proteínas (HOLCROFT; MITCHAM, 1996; MENZEL; WAITE, 2005). O teor de cinzas encontrado neste trabalho, na polpa de lichia fresca é de 0,37%, ligeiramente inferior ao reportado por Motta (2009) que, estudando a composição nutricional de polpas de lichia frescas, congeladas e desidratadas, encontrou 0,48% de cinzas, as quais são compostas por minerais como potássio, magnésio e fósforo em quantidades apreciáveis. A diferença no teor de cinzas entre os resultados deste trabalho e o encontrado por Motta (2009) pode ser devido a variações no clima, maturidade, cultivar e práticas agrícolas.

Frutos não são boas fontes de proteínas, em geral cerca de 1% da sua composição é protéica, além disso, a fração mais rica em proteína é a casca (GONDIM et al., 2005), que geralmente é descartada, o mesmo foi observado no

presente trabalho sendo a casca a fração que apresentou maior teor de proteínas (Tabela 2).

A semente de lichia (Tabela 2) apresentou o maior VET (206,66 kcal 100g⁻¹), além de expressivo teor de carboidratos, o que é indicativo de que esta pode ser considerada uma boa fonte energética. O VET encontrado para a polpa de lichia foi de 64.49 kcal 100g⁻¹, inferior ao encontrado por Motta (2009) (73,21 ± 1,75 kcal 100g⁻¹).

Na Tabela 3 são apresentados os dados da composição centesimal das frações de lichia com base na matéria seca. Observa-se que os teores de proteína bruta e lipídios (extrato etéreo) foram relativamente baixos, sobretudo na semente, no entanto a casca se destaca por apresentar teores mais elevados que as demais frações. Os teores de proteínas e lipídios encontrados na polpa foram inferiores aos observados na casca e na semente.

Nas frações de lichia, os teores de cinzas encontrados, com base na matéria seca, variaram de 1,44 a 2,17 entre as frações, obtendo-se na casca, valores superiores aos da semente e da polpa. As cinzas dos frutos são as principais fontes de minerais da dieta humana, sendo nas cascas, geralmente, encontrados teores minerais mais elevados que nas polpas (GONDIM et al., 2005).

Considerando-se os teores de fibra bruta, com base na matéria seca (Tabela 3), encontrados nas frações de lichia, observa-se que a casca apresenta teor bastante superior à polpa e semente (18,89, 2,32 e 4,33 g 100g⁻¹, respectivamente).

Atualmente, a fibra alimentar é considerada alimento funcional, pois desempenha no organismo funções importantes e se associam às dietas ricas em fibras uma melhor saúde do cólon, menor incidência de diabetes e pressão arterial e menor nível de colesterol, além de desempenhar, no organismo,

atividades hipoglicemiante, hipocolesterolêmica e hipotrigliceridêmica (LEMAY et al., 2002; MAIHARA et al., 2006).

Observa-se que a casca é a fração mais rica em fibras (bruta e alimentar) e apresenta 8,24 g de fibra alimentar solúvel em 100g de matéria seca. Estes resultados mostram a importância da casca como fonte de fibra alimentar, uma vez que um alimento com teor de 2 a 3 % pode ser considerado boa fonte desta fibra.

Na literatura somente foi encontrado o teor de fibra alimentar da polpa da lichia. De acordo com Gorinstein et al. (1999), os teores de fibra alimentar solúvel e total para a polpa de lichia da cv. Hong Hhua são 1,05 e 2,20 g 100g⁻¹ de fruto fresco, respectivamente. Os teores de fibra alimentar solúvel e total encontrados, neste trabalho, para a polpa de lichia expressando o resultado em matéria fresca foram de 0,24 e 0,39, respectivamente, valor inferior ao reportado por Gorinstein et al. (1999).

A fração glicídica corresponde aos carboidratos que não estão incluídos na fração fibras e constitui-se principalmente de açúcares. Todas as frações analisadas apresentaram elevados teores de carboidratos, no entanto, o percentual encontrado na polpa não diferiu do obtido na semente e foi superior ao da casca (85,38; 86,63 e 61,11 g 100g⁻¹, respectivamente).

De acordo com Motta (2009) os teores de proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos encontrados na polpa de lichia são de 6,85; 5,56; 2,72 e 84,87 g 100g⁻¹ de matéria seca, respectivamente. Os resultados encontrados neste trabalho se assemelham aos obtidos por Motta (2009). Não foram encontrados dados sobre a composição centesimal da casca e da semente de lichias.

As variações observadas entre a composição da amostra seca e da fresca são devidas a influência da umidade. A composição centesimal encontrada na amostra fresca e seca, avaliada no presente trabalho, é condizente com aquelas descritas pelos autores dos diversos países. As pequenas variações observadas

ocorrem provavelmente devido a diferenças nas variedades, do tipo do cultivo, do clima, do tipo e da fertilidade do solo (LEE; KADER, 2000).

3.3 Sólidos solúveis, pH e acidez titulável

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios das características físico-químicas e químicas, pH, acidez, sólidos solúveis das frações de lichia. Houve diferença significativa para todos os parâmetros analisados nas frações de lichia.

A acidez é um importante indicador na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Observa-se que a acidez titulável da polpa (4,02) foi bastante superior a das demais frações da lichia. A secagem não influenciou na acidez da casca e da semente, uma vez que o percentual de equivalentes a ácido málico encontrado nestas frações *in natura* não diferiu daquele observado após secagem das mesmas.

O pH é um parâmetro auxiliar para a avaliação da acidez titulável. O pH encontrado para a casca da lichia *in natura* foi de 4,79, (Tabela 4), valor este que se assemelha ao reportado por Lima et al. (2010), situado entre 4,54 e 4,80. Esta mesma autora encontrou valores de pH para a polpa de lichia da cultivar Bengal semelhantes aos encontrados no presente trabalho (de 4,0 a 4,7). Os valores de pH encontrados neste experimento encontram-se de acordo com a acidez observada. O pH da semente submetida à secagem diferiu da semente *in natura*, variando entre 5,99 e 6,33 para a semente *in natura* e seca, respectivamente. O pH encontrado para a casca seca foi 4,70, valor próximo a 4,5 (que limita o desenvolvimento de microrganismos). Desta forma, a casca seca pode ser considerada como pó alimentício ácido de difícil ataque microbiano (LIMA; GARCÍA; LIMA, 2004).

O teor de sólidos solúveis (SS) é um indicativo dos teores de açúcares solúveis presentes em um alimento e, conseqüentemente, da doçura deste. Para

essa variável obteve-se maior valor para a polpa 77,60 °Brix, valor que corresponde a 12,42 °Brix em matéria fresca, inferior aos relatados por Wall (2006) 19,93 °Brix e por Menzel (2002) 18,00 °Brix.

Embora não tenha havido diferença significativa entre a acidez das frações *in natura* e submetidas à secagem, é possível observar que as frações secas apresentaram acidez inferior às observadas nas frações *in natura*. Isso possivelmente se deve a um aumento do metabolismo dos frutos nos momentos iniciais do processo de secagem, uma vez que os ácidos orgânicos representam um dos principais substratos para o processo respiratório.

Tabela 4 Sólidos solúveis, pH e acidez titulável, com base na matéria seca, das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45°C .

Frações	pH	Acidez titulável (% ácido málico)	Sólidos Solúveis (°Brix)
Casca <i>in natura</i>	4,79C	0,64B	14,25D
Semente <i>in natura</i>	5,99B	0,29C	12,02D
Polpa <i>in natura</i>	3,87D	4,02A	77,60A
Casca seca	4,70C	0,59B	43,44 B
Semente seca	6,33A	0,23C	23,43C

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que, dentre as frações estudadas, a casca apresenta os maiores teores de fibra (bruta e alimentar), lipídios, cinzas e proteínas, enquanto polpa apresenta maior acidez, menor pH e maiores teores de sólidos solúveis e a semente o maior VET.

A secagem influenciou o pH da semente e os teores de sólidos solúveis da casca e semente.

As frações casca e semente de lichia apresentam elevados potenciais energéticos e nutricionais e podem ser aproveitadas como fonte alternativa de nutrientes, desde que não apresentem fatores antinutricionais em quantidades prejudiciais ao organismo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association on analytical chemistry**. 18th ed. Mayland, 2005. 1094 p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 4. Lavras: UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2011.
- GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em casca de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, out./dez. 2005.
- GORINSTEIN, S. et al. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 10, n. 6, p. 367-371, June 1999.
- HOLCROFT, D. M.; MITCHAM, E. J. Review: postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 265-281, Jan. 1996.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 207-220, 2000.
- LEMAY, A. et al. Flaxseed dietary supplement versus hormone replacement therapy in hypercholesterolemic menopausal women. **Obstetrics & Gynecology**, New York, v. 100, n. 3, p. 495-504, Sept. 2002.
- LIMA, A. C.; GARCÍA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 133-144, 2004.
- LIMA, R. A. Z. et al. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 914-921, jul./ago. 2010.

MAIHARA, V. A. et al. Avaliação nutricional de dietas de trabalhadores em relação a proteínas, lipídios, carboidratos, fibras alimentares e vitaminas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 672-677, jul./set. 2006.

MENZEL, C. M. **Lychee crop in Asia and the pacific**. Bangkok: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2002. 108 p.

MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. **Litchi and Longan: botany, production and uses**. London: CABI, 2005. 305 p.

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

PRASAD, N. K. et al. Identification of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) seeds. **Food Chemistry**, London, v. 116, n. 1, p. 1-7, Jan. 2009.

RIBEIRO, P. et al. Tabelas de composição química de alimentos: análise comparativa com resultados laboratoriais. **Revista Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 215-216, 2003.

WALL, M. M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 6/7, p. 655-663, Sept./Nov. 2006.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

CAPÍTULO 3

Constituintes químicos das frações de lichia: compostos bioativos com ação antinutricional

RESUMO

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é um fruto subtropical que apresenta casca grossa e uma única semente, que juntas correspondem cerca de 50% do fruto e que costumam ser descartadas pela indústria e consumidores, podendo ser aproveitadas como fonte alternativa de nutrientes, desde que não apresentem fatores antinutricionais em quantidades prejudiciais ao organismo. É um fruto pouco estudado quanto à composição química, sobretudo quanto aos compostos antinutricionais das frações casca e semente. Objetivou-se com este trabalho determinar os teores de ácido oxálico, nitrato e a atividade inibitória de α -amilase, lipase e tripsina das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45° C. A polpa apresentou as maiores atividades inibitórias de α -amilase e lipase e na casca seca observou-se a maior atividade do inibidor de tripsina. Na casca foram encontrados teores mais elevados de nitrato (351,81 mg de NO_3^- 100g⁻¹ de matéria seca). O ácido oxálico não foi encontrado em qualquer das frações. A secagem a 45° C influenciou a atividade dos três inibidores enzimáticos, acarretando aumento na atividade inibitória de tripsina e α -amilase e decréscimo na de lipase. Os teores de antinutrientes encontrados são baixos e não inviabilizam o uso das frações de lichia como fontes nutricionais.

Palavras-chave: *Litchi chinensis*. Nitrato. Ácido oxálico. Inibidores enzimáticos.

ABSTRACT

The litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) is a subtropical fruit that has a thick shell and a single seed, which together represent about 50% of the fruit and which are usually discarded by industry and consumers and can be utilized as an alternative source of nutrients since they do not exhibit antinutritional factors in quantities that might be harmful to the body. The fruit is poorly studied for chemical composition, especially regarding the antinutritional compounds of the shell and seed fractions. The aim of this work was to determine the levels of oxalic acid, nitrate and the inhibitory activity of α -amylase, lipase and trypsin fractions of fresh litchi that were dried at 45° C. The flesh presented higher activity of inhibitor of α -amylase and lipase, while the dry shell has a higher activity of trypsin inhibitor. In the shell higher levels of nitrate (351.81 mg NO₃⁻ 100g⁻¹ dry matter) were found. The oxalic acid was not found in any of the fractions. Drying at 45° C influenced the activity of the three enzyme inhibitors, resulting in an increased inhibitory activity of trypsin and α -amylase and in lipase inhibitory activity decrease. The contents of antinutrients found are low and do not preclude the use of fractions of litchi as nutritional sources.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn. Nitrate. Oxalic acid. Enzymatic inhibitors.

1 INTRODUÇÃO

A lichia é um fruto subtropical, o membro da família das Sapindáceas mais significativo comercialmente. Em plena maturidade, as lichias possuem cascas vermelhas cuja coloração é degradada de 3 a 5 dias após a colheita, se tornando marrons e diminuindo sua aceitação por parte do consumidor na hora da compra. É um fruto com curta vida pós-colheita que pode ser consumido fresco, enlatado, desidratado, processado em sucos, vinhos, licores, sorvetes entre outros (LIMA et al., 2010).

A secagem é uma das técnicas de conservação mais utilizadas em alimentos, apresenta a vantagem de ser simples e permitir a obtenção de produtos com maior vida de prateleira. Quando aplicada aos subprodutos de lichia pode torná-los disponíveis em qualquer época do ano.

O interesse dos consumidores por frutos exóticos cresce a cada dia em virtude do seu valor nutracêutico e da correlação entre a ingestão de frutas e a redução do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e câncer (BHOOPAT et al., 2011).

Muitas pesquisas mostram que, além dos nutrientes, existem, nos alimentos, vários compostos que podem desempenhar efeitos benéficos e outros, efeitos tóxicos, ao organismo.

Estas substâncias podem exercer seus efeitos agindo como antioxidantes, ativando enzimas de detoxificação hepática, bloqueando a atividade de toxinas virais ou bacterianas, inibindo a absorção do colesterol, diminuindo a agregação plaquetária, ou destruindo bactérias gastrintestinais nocivas (PENNINGTON, 2002).

Os compostos bioativos que agem como substâncias antinutritivas são aqueles que, de alguma forma, provocam a destruição de nutrientes essenciais ou prejudicam o organismo, alterando a digestão, a absorção e o metabolismo

(ARAÚJO, 2004). Podem estar presentes em alimentos crus ou processados, como os inibidores de tripsina, lectinas, ácido oxálico, nitratos, fitatos, entre outros (LIMA et al., 2008).

Porém, apesar do comprometimento ao metabolismo, os compostos biativos podem desenvolver uma série de papéis fisiológicos, em animais e vegetais, sendo especulados para aplicações clínicas, agropecuárias e biotecnológicas. Destaca-se o uso de inibidores de α -amilase no tratamento do diabetes Mellitus e no controle de insetos-praga de culturas extensivas, dos inibidores de α -amilase e lipase pancreática no controle da obesidade, que sugerem uma nova abordagem para tratamentos de redução de peso, pois inibem a digestão e absorção de lipídios e carboidratos, possibilitando que estes compostos sejam utilizados com propósito terapêutico (BARCELOS, 2004; SOUZA et al., 2011; WANG et al., 2008).

Visando à descoberta de novas fontes nutricionais, a minimização de perdas pós-colheita e o aproveitamento de subprodutos e resíduos da produção agrícola, para alimentação humana e animal, neste trabalho, estudou-se as frações casca, polpa e semente de lichia (*Litchi chinensis* Sonn) *in natura*, bem como a casca e a semente submetidas à secagem a 45°C, objetivando-se determinar os compostos bioativos com características antinutritivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os frutos de lichieira da cultivar Bengal foram colhidos em um pomar comercial da região de Nepomuceno, MG, a 864m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21° 12'Sul de latitude e 45° 23'de longitude.

As lichias foram colhidas pela manhã, com casca vermelho-intenso e levadas para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

2.2 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os frutos foram selecionados de acordo com uniformidade na coloração (casca vermelho-intenso), tamanho médio e ausência de defeitos. Após selecionados 280 frutos, estes foram lavados, sanificados com dicloroisocianurato de sódio 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ por 15 minutos, pesados, divididos em 2 lotes, cada qual com 7 repetições de 20 frutos e separados em frações (casca, polpa e semente).

As frações casca, polpa e semente do primeiro lote (140 frutos) foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer (-20° C) até a execução das análises (frações *in natura*). As frações casca e semente do segundo lote (outros 140 frutos) foram secas em estufa, a 45° C, até peso constante e armazenadas em frasco âmbar, sendo necessários, aproximadamente, 4 dias para a secagem da casca e 8 para a da semente.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo constituídos 5 tratamentos (casca, polpa e semente *in natura* e casca e semente secas a 45° C), utilizando-se 7 repetições de 20 frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011), e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

2.4 Ácido Oxálico

Os teores de ácido oxálico foram determinados pelo método de Huang e Tanudjaja (1992), em que o ácido oxálico foi extraído a quente com ácido clorídrico 6N, precipitado e quantificado pela titulação do oxalato de cálcio com permanganato de potássio 0,02N.

2.5 Nitratos

Os nitratos foram determinados pelo método colorimétrico de Cataldo et al. (1975), através da nitração do ácido salicílico em condições altamente ácidas. As amostras secas foram suspensas em água deionizada, incubadas a 45° C por 1h, centrifugadas a 5000g por 15min e o sobrenadante recolhido para análise. O complexo formado foi lido a 410nm e os resultados expressos em mg de nitrato 100g⁻¹ de matéria seca.

2.6 Atividade inibitória de tripsina

Para a determinação da atividade de tripsina na presença e ausência do extrato das frações de lichia (inibidor), foi utilizado o método proposto por Erlanger, Kokowsky e Cohen (1961), usando o N-benzoil-D,L-arginina-p-nitroanilida (BAPNA), preparado em tampão TRIS (tri hidroximetil amino metano) $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, pH 8,2, como substrato. A atividade de tripsina inibida foi determinada a partir da diferença entre as atividades na ausência (controle, sem inibidor) e na presença do inibidor. Simultaneamente foram realizados o branco de enzima (substituindo o substrato por seu respectivo solvente), branco de substrato (substituindo a enzima por seu respectivo solvente) e um branco amostra (substituindo o substrato e a enzima por seus respectivos solventes). Os resultados foram expressos em UIT (Unidade de inibição de tripsina) onde 1UIT equivale a $1 \mu\text{mol min}^{-1}$ por g de amostra seca.

2.7 Atividade inibitória de α -amilase

As atividades de α -amilase na presença e ausência do extrato das frações de lichia (inibidor) foram realizadas segundo o método proposto por Noelling e Bernfeld (1948). Foram preparados extratos aquosos dos vegetais, na proporção 1:10 (p/v), em banho de gelo, em agitador horizontal por 30 minutos. Após este período, as amostras foram centrifugadas a 1700g, por 10min, a 4° C.

Para determinação da atividade da α -amilase, 50 μL do extrato aquoso das amostras foram pré-incubados com 50 μL da α -amilase por 20 minutos em banho a 37° C. A solução de amido 1% foi utilizada como substrato e preparada em tampão Tris $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, pH 7,0 acrescido de NaCl 38 mmol L^{-1} e CaCl_2 $0,1 \text{ mmol L}^{-1}$. Depois da adição de 100 μL do substrato, a mistura foi incubada por 4

diferentes tempos. A reação foi paralisada adicionando-se 200 μ L de ácido dinitrosalicílico e o produto reacional lido em espectrofotômetro a 540 nm.

Controles sem enzima (branco de substrato) e sem substrato (branco de enzima) foram incubados do mesmo modo. A inclinação da reta (gráfico absorbância x tempo), diretamente proporcional à atividade enzimática, foi determinada e utilizada para os cálculos de inibição.

A atividade de α -amilase foi expressa em unidades (U) que corresponde à formação de um μ mol de açúcar redutor por minuto nas condições de ensaio, para tanto, 1UIA (unidade de inibição de α -amilase) corresponde à inibição total de 1U de α -amilase.

2.8 Atividade inibitória de lipase

A atividade da lipase foi determinada segundo a técnica de Souza et al. (2011). Uma massa de 0,5g das frações de lichia foi submetida à extração com 10 mL de etanol 80%, em banho ultrassônico a 4° C, por 30 min. Após este período, os extratos foram filtrados em papel Whatman n° 40 e o etanol foi removido do extrato por evaporação, em banho-maria, por aproximadamente 10min. Após remoção do etanol, os extratos das amostras foram suspensos em 5mL de água e usados para a determinação da atividade da lipase.

Para tanto, 100 μ L de lipase pancreática e 50 μ L dos extratos das amostras foram pré-incubados a 37° C por 10 minutos. Após a pré-incubação, a reação foi iniciada com a adição de 50 μ L de uma solução 8 mM de p-nitrofenil-palmitato em tampão Tris-HCl 0,05mM pH 8 contendo 0,1% Triton-X100, em banho a 37° C em quatro diferentes períodos de tempo. A reação foi paralisada transferindo os tubos para um banho de gelo e adicionando-se 1000 μ L de tampão Tris-HCl 0,05 mM. O resultado foi obtido através da leitura em

espectrofotômetro a 410nm e comparado com o controle, contendo 50 µL da solução tampão no lugar da amostra.

Controles sem enzima (branco de substrato) e sem substrato (branco de enzima) foram incubados do mesmo modo. A inclinação da reta (gráfico absorbância x tempo), diretamente proporcional à atividade enzimática, foi determinada e utilizada para os cálculos de inibição.

A atividade da lipase foi expressa UIL (Unidade de inibição de lipase), determinada a partir da determinação da curva padrão de p-nitrofenol e em porcentagem de inibição, calculada através da seguinte expressão:

$$\% \text{ inibição} = \frac{\Delta A_{\text{amostra}} - \Delta A_{\text{controle}_{(\text{branco enzima})}}}{\Delta A_{\text{controle}_{(\text{branco enzima})}}} \times 100$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ácido oxálico e nitrato

Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos teores de ácido oxálico e de nitrato das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem. Não foram detectados teores de ácido oxálico em qualquer das frações analisadas. Houve diferença significativa para os teores de nitrato entre as frações de lichia.

Observa-se que todas as frações de lichia apresentaram baixos teores de nitrato, embora os níveis encontrados na casca sejam superiores aos das demais frações. Nota-se, ainda, que a secagem não influenciou os teores de nitrato da casca e da semente, que apresentaram valores semelhantes às frações *in natura*, mesmo depois de submetidas ao tratamento térmico. Isso porque o aumento da temperatura, a 45° C, não é capaz de degradar os íons nitrato presentes nas frações de lichia. Santos (2006) encontrou decréscimo nos teores de nitrato de diversas espécies vegetais cozidas em água em ebulição, no entanto esta autora atribui a redução dos nitrato à remoção desses íons por difusão na água de cocção e não à temperatura utilizada no cozimento. Desta forma, a secagem em estufa ventilada não é capaz de remover os nitratos encontrados nas frações de lichia.

Os baixos teores de nitrato encontrados nas frações de lichia não inviabilizam seu aproveitamento. Um estudo com espinafres (KAMINISSHI; KITA, 2006) mostrou que o teor médio de nitrato no inverno é de 3,79 g NO₃⁻ kg⁻¹ matéria fresca e nas outras estações variam de 4,12 a 4,33 g kg⁻¹ de matéria fresca. Os valores encontrados pelos referidos autores são bastante superiores aos encontrados nas frações de lichia, uma vez que o teor de nitrato na casca seca, fração que apresenta o maior teor neste estudo, é de 351,81mg 100 g⁻¹, que

equivale a 1,09 g kg⁻¹ de matéria fresca (expressando o resultado da casca seca que consta na Tabela 1 nas mesmas unidades que autores supracitados).

Um grande problema relacionado à presença de nitrato e de nitrito em alimentos é a propriedade que estes têm em reagir com aminas secundárias, formando nitrosaminas, substâncias apontadas como carcinogênicas.

A Organização das Nações Unidas, relata que o índice máximo de ingestão diária admissível de nitrato é de 5 mg kg⁻¹ de peso e para o nitrito, 0,2 mg kg⁻¹ (GALAN, 2009). Desta forma, a ingestão diária de nitrato admissível para uma pessoa de 70 kg, por exemplo, é de 350 mg. Assim, se considerarmos os resultados encontrados neste experimento, seria necessário que essa pessoa ingerisse aproximadamente 100 g de casca de lichia seca, que equivalem à ingestão da casca de 65 lichias para atingir a dose máxima diária de nitrato permitida, uma vez que a casca pesa, em média, 4,98g.

Tabela 1 Teores de ácido oxálico e nitrato, em mg de NO₃⁻ 100g⁻¹ de matéria seca das frações de lichia

Frações	Nitrato	Ácido Oxálico
Casca <i>in natura</i>	339,89A	ND*
Semente <i>in natura</i>	148,13B	ND *
Polpa <i>in natura</i>	51,98C	ND*
Casca seca	351,81A	ND*
Semente seca	154,80B	ND *

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

* ND- Não detectado

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

3.2 Atividade inibitória de tripsina, α -amilase e lipase

A atividade inibitória de tripsina, α -amilase e a porcentagem de inibição da lipase encontram-se na Tabela 2. Houve diferença significativa para todos as variáveis analisadas.

A casca *in natura* apresentou maior atividade inibitória de tripsina que a semente *in natura* (14,61 e 3,17 UIT g⁻¹ de matéria seca, respectivamente), inibição não encontrada na polpa. A maior atividade inibitória na casca provavelmente se deve a um mecanismo de defesa do vegetal contra ataque de insetos, que sintetizam inibidores de proteases capazes de interferirem no sistema digestivo de insetos, podendo levá-los a morte (MARINHO et al., 2010).

Inibidores de proteases, como o inibidor de tripsina, são substâncias que interferem na atividade de sistemas enzimáticos do trato digestivo. Essa inibição se traduz, *in vivo*, numa redução da digestão protéica em animais e humanos (PEREIRA et al., 2009).

Tabela 2 Atividade inibitória de tripsina (UIT g⁻¹ de matéria seca), de α -amilase (UIA 100g⁻¹ de matéria seca), de lipase (UIL g⁻¹ de matéria seca) e porcentagem de inibição de lipase das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45° C

Frações	UIT	UIA	UIL	% Inibição de lipase
Casca <i>in natura</i>	14,61B	NS*	0,19B	27,44C
Semente <i>in natura</i>	3,17C	NS*	0,22B	43,58B
Polpa <i>in natura</i>	NS*	7,23A	0,75A	66,64A
Casca seca	24,75A	1,13B	0,06C	6,40E
Semente seca	13,83B	1,08B	0,07C	17,30D

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

* NS- Inibição não significativa

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

Inibidores de tripsina são usualmente encontrados em leguminosas, sendo a soja o melhor exemplo, cujos valores variam de 37,73 a 51,68 UIT mg⁻¹ de matéria seca (23,24% de umidade) (VEM; MATSER; BERG, 2005). A atividade inibitória de tripsina das frações de lichia variou de 0 a 24,75 UIT g⁻¹, valores inferiores aos encontrados na soja.

Dois dos principais tipos de inibidores de tripsina, o de Kunitz e o de Bowman-Birk, encontrados, na soja, por exemplo, são protéicos e, portanto, sensíveis ao tratamento térmico. A estabilidade térmica dos inibidores de tripsina depende, porém, de seu peso molecular e do grau de estabilização da conformação ativa por pontes dissulfeto. O inibidor Bowman-Birk é mais estável ao calor e às variações de pH do que o inibidor de Kunitz, devido às diferenças no tamanho e no número de ligações dissulfeto (LIMA, 2009). No entanto, embora sensíveis ao tratamento térmico, a utilização de temperaturas moderadas pode não ser suficiente para desnaturar tais inibidores, podendo haver manutenção da atividade inibitória.

A secagem a 45°C influenciou diretamente a atividade inibitória de tripsina das frações de lichia, que apresentaram elevação da atividade inibitória após o processo de secagem. Isso evidencia que as moléculas do inibidor foram concentradas e que não são degradadas a 45° C. O resultado encontrado no presente estudo se assemelha ao reportado por Naves et al. (2010), que, analisando o efeito do cozimento à vapor e em água em ebulição na atividade inibitória de tripsina em sementes de abóboras, encontraram menor atividade desse inibidor na farinha de sementes cruas, porém está em desacordo com Del-Vechio et al. (2005), os quais reportaram maiores atividades inibitórias de tripsina em sementes de abóboras cruas do que naquelas submetidas ao cozimento à vapor, por 10 minutos, e em sementes tostadas à 100°C.

Vem, Matser e Berg (2005) verificaram ainda, que a inativação do inibidor de tripsina só foi possível combinando-se o tratamento sob pressão com

temperaturas mais elevadas (90% de inativação com tratamento, com menos de 2 minutos, a temperaturas entre 77 e 90°C e pressões entre 750 e 525 MPa). Isto explica porque a secagem a 45°C não foi suficiente para minimizar a atividade do inibidor de tripsina das frações de lichia secas, ao contrário, essa temperatura aumentou a atividade do inibidor. Apesar do aumento decorrente do processo de secagem, a atividade inibitória de tripsina encontrada em todas as frações foi pequena, o que viabiliza o aproveitamento da casca e da semente como fontes de nutrientes.

A polpa de lichia apresentou maior atividade inibitória de α -amilase (7,23 UIA g⁻¹); as frações casca e semente *in natura* apresentaram baixas porcentagens de inibição, sendo consideradas atividades inibitórias não significativas (Tabela 2). Assim como para a tripsina, a secagem influenciou diretamente na atividade inibitória de α -amilase. As frações submetidas à secagem apresentaram elevação da percentagem de inibição, proporcionando atividade inibitória quantificável. Não houve diferença significativa entre a atividade inibitória da casca e da semente secas (1,13 e 1,08 UIA g⁻¹, respectivamente). A atividade inibitória das frações submetidas à secagem a 45°C foi menor que a da polpa de lichia *in natura* (7,23 UIA g⁻¹) e bastante inferior a encontrada na farinha de feijão branco (54,07 UIA g⁻¹) (PEREIRA et al., 2009).

De acordo com Chen, Huang e Lin (2004), muitas famílias de plantas possuem inibidores distribuídos em diversos órgãos, sendo sua expressão constitutiva (órgãos reprodutivos, órgãos de reserva e tecidos vegetativos) ou induzida (resposta à herbivoria, patógenos, injúrias mecânicas e estresse). As maiores atividades inibitórias de tripsina e amilase encontrados nas frações secas provavelmente são devidos a uma resposta do vegetal contra os danos decorrentes do processo de secagem.

Todos os extratos etanólicos das frações de lichia apresentaram atividade inibitória sobre a lipase pancreática. A polpa apresentou maior percentagem de inibição da lipase que as demais frações, entretanto, como o resultado expresso em percentagem de inibição é relativo à atividade enzimática nas condições do ensaio, embora os extratos de todas as frações tenham a mesma concentração, os resultados foram transformados em unidade de inibição de lipase por grama de amostra seca (UIL g^{-1} de matéria seca), um resultado absoluto.

Desta forma, analisando as atividades inibitórias, é possível observar que, assim como ocorre na porcentagem de inibição, a polpa *in natura* apresentou a atividade inibitória mais expressiva (0,75 UIL g^{-1} de matéria seca). Não houve diferença entre as atividades inibitórias da casca e da semente *in natura*, no entanto, estas frações apresentaram atividades inferiores às da polpa.

A secagem influenciou negativamente os níveis de inibidores de lipase, resultado que pode ser observado pelo decréscimo da porcentagem de inibição e da atividade inibitória das frações secas em relação às *in natura* (Tabela 2).

Não foram encontrados outros estudos científicos que relatassem a inibição de lipase pancreática pelas frações de lichia. Os resultados de inibição deste experimento sugerem que as frações de lichia, sobretudo a polpa, se revelam fonte de inibidores de lipase, podendo ser eficazes no auxílio do tratamento da obesidade causada pela elevação da taxa de gordura na dieta. Destaca-se ainda que as inibições da α -amilase e da lipase encontradas, principalmente na polpa, é vantajosa para o tratamento da obesidade, do diabetes mellitus tipo II e dos níveis de hiperglicemia, sobretudo porque, além de inibirem estas enzimas, a polpa não foi capaz de inibir tripsina, enzima digestiva importante para o ser humano e, dessa forma, não sendo considerada antinutricional.

4 CONCLUSÃO

Nas condições do ensaio é possível concluir que a polpa apresentou as maiores atividades inibitórias de α -amilase e lipase, enquanto a casca seca possui as maiores quantidades de nitrato e atividade inibitória de tripsina.

A secagem a 45° C influenciou a atividade dos três inibidores enzimáticos estudados.

As atividades inibitórias e os teores de antinutrientes encontrados neste estudo são baixos e não inviabilizam o uso das frações de lichia, *in natura* ou submetidas à secagem a 45° C, como fontes de nutrientes. Desta maneira, pode-se agregar valor aos frutos de lichia, uma vez que as indústrias poderão utilizar os resíduos (casca e semente) para formulações comerciais e para o enriquecimento de produtos alimentícios.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 478 p.
- BARCELOS, M. F. P. **Substâncias tóxicas naturais em alimentos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 109 p.
- BHOOPAT, L. et al. Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 136, n. 1, p. 55-66, Jan. 2011.
- CATALDO, D. A. et al. Rapid calorimetric determination of nitrates in plants tissue by nitration of salicytic acid. **Soil Plants Analysts**, Athens, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.
- CHEN, T. E.; HUANG, D. J.; LIN, Y. H. Isolation and characterization of a serine proteinase from the storage roots of sweet potato (*Ipomea batatas* [L.] Lam.). **Plant Science**, Shannon, v. 166, n. 4, p. 1019-1026, Apr. 2004.
- DEL-VECHIO, G. et al. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita spp.*) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.
- ERLANGER, B. F.; KOKOWSKY, N.; COHEN, W. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 95, p. 271-278, May 1961.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 4. Lavras: UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2011.
- GALAN, A. G. **Estudo da farinha e da goma de algaroba (*Prosopis spp.*)**. 2009. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- HUANG, A. S.; TANUDJAJA, L. S. Application of anion-exchange hight-performace liquid chromatography in determining oxalates in taro (*Colocasia esculenta*) corms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 11, p. 2123-2126, Nov. 1992.

KAMINISHI, A.; KITA, N. Seasonal change of nitrate and oxalate concentration in relation to the growth rate spinach cultivars. **HortScience**, Alexandria, v. 41, n. 7, p. 1589-1595, Dec. 2006.

LIMA, A. J. B. **Caracterização e atividade antioxidante de jabuticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg.]**. 2009. 159 p. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, A. J. B. et al. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LIMA, R. A. Z. et al. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 914-921, jul./ago. 2010.

MARINHO, J. S. et al. Resposta bioquímica de *Thyrinteina leucoceraea* inibidor de proteases em plantas de goiaba. **Idesia**, London, v. 28, n. 3, p. 101-109, 2010.

NAVES, L. P. et al. Componentes antinutricionais e digestibilidade protéica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 180-184, maio 2010.

NOELTING, G.; BERNFELD, P. Sur les enzymes amylolytiques III-La β -amylase: dosage d'activité et contrôle de l'absence d' α -amylase. **Helvetica Chimica Acta**, Lausanne, v. 31, p. 286-290, 1948.

PENNINGTON, J. A. T. Food composition databases for bioactive food components. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 15, n. 4, p. 419-434, Aug. 2002.

PEREIRA, L. L. S. et al. Estudo comparativo entre o inibidor de α -amilase (Faseolamina) comercial e farinha de feijão branco, preto e carioca. **Infarma**, Brasília, v. 21, n. 11/12, p. 11-14, nov. 2009.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006.

SOUZA, S. P. et al. Inhibition of pancreatic lipase by extracts of *Baccharis trimera*: evaluation of antinutrients and effect on glycosidases. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 450-455, May/June 2011.

VEN, 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**, Washington, v. 53, n. 4, p. 1087-1092, Apr. 2005.

WANG, J. R. et al. Molecular evolution of dimeric α - amylase inhibitor in will emmer wheat and its ecological association. **BMC Evolutionary Biology**, Basel, v. 8, p. 91-105, Mar. 2008.

CAPÍTULO 4

Frações de lichia: fitoquímicos bioativos e avaliação da capacidade antioxidante

RESUMO

Os frutos são as principais fontes de substâncias biologicamente ativas, tais como vitaminas e metabólitos secundários, que despertam grande interesse devido a suas atividades farmacológicas. Normalmente a casca e a semente dos frutos são ricas em substâncias bioativas e na lichia estas frações se destacam pelos elevados teores de compostos com atividade antioxidante. Lichias da cv. Bengal apresentam cerca de 50% de casca e semente, que costumam ser descartadas pela indústria e consumidores. Desta forma, avaliaram-se os compostos bioativos com atividade antioxidante e a capacidade antioxidante total de diferentes extratos das frações casca, polpa e semente de lichia *in natura* e da casca e semente submetidas à secagem a 45°C. Todas as frações de lichia analisadas apresentaram elevadas atividades antioxidantes, embora a casca e a semente se destacassem neste parâmetro, que se deve, sobretudo, aos elevados teores de vitamina C encontrados nestas frações. A casca apresentou predominância de antocianinas monoméricas, além de maiores teores de vitamina C, β -caroteno e compostos fenólicos, enquanto a semente destacou-se pelos teores de licopeno. Com a secagem a 45° C houve decréscimo na atividade antioxidante e nos níveis de vitamina C, antocianinas e β -caroteno e aumento nos teores de licopeno e compostos fenólicos. Os teores de antioxidante e vitamina C encontrados na casca e semente de lichia são elevados e possibilitam o uso das frações de lichia como fontes de antioxidantes naturais.

Palavras-chave: *Litchi chinensis*. Vitamina C. β -caroteno. Fenóis. Secagem.

ABSTRACT

The fruits are the main sources of biologically active substances such as vitamins and secondary metabolites, which arouse great interest due to their pharmacological activities. The shell and seeds of fruits are usually rich in bioactive substances and in litchi these fractions stand out by the high levels of compounds with antioxidant activity. Litchi cv. Bengal exhibit about 50% of shell and seeds, which are usually discarded by industry and consumers. Thus, the bioactive compounds with antioxidant activity and total antioxidant capacity of different extracts of the fractions shell, flesh and seeds of fresh litchi and the shell and seeds submitted to drying at 45°C were evaluated. All fractions of litchi analyzed showed high antioxidant activities, while the shell and seed stood out in these parameters, which are due mainly to high levels of vitamin C found in these fractions. The shell showed a predominance of monomeric anthocyanins, as well as higher levels of vitamin C, β -carotene and phenolic compounds, while the seed stands by the content of lycopene. With the drying at 45° C there was a decrease in antioxidant activity and levels of vitamin C, anthocyanins, and β -carotene and increased levels of lycopene and phenolic compounds. The levels of antioxidants and vitamin C found in the shell and seed of litchis are high and allow the use of fractions of litchi as sources of natural antioxidants.

Keywords: *Litchi chinensis*. Vitamin C. β -carotene. Phenols. Drying.

1 INTRODUÇÃO

Saúde e qualidade de vida constituem-se, atualmente, algumas das preocupações mais relevantes de determinados segmentos de consumidores. Concretamente, no que diz respeito à alimentação, as tendências mundiais apontam um crescente interesse dos consumidores por produtos que, além do seu valor nutritivo, trazem benefícios às funções fisiológicas do organismo.

Os frutos, reconhecidos como fontes de vitaminas, minerais e fibras, são nutricionalmente importantes à dieta. Nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a esses alimentos, uma vez que evidências apontam que o consumo regular de vegetais está associado à redução da mortalidade e morbidade de algumas doenças crônicas (BHOOPAT et al., 2011; DEMBITSKY et al., 2011).

Isto se deve porque, além dos nutrientes, os frutos são as principais fontes de substâncias biologicamente ativas, tais como vitaminas e metabólitos secundários (compostos fenólicos, carotenóides, flavonóides), que despertam grande interesse devido a suas atividades farmacológicas. Estudos epidemiológicos e clínicos recentes mostram que fitoquímicos dos frutos são os principais compostos bioativos com benefícios à saúde humana e comprovam que o seu consumo auxilia na redução do risco de doenças cardiovasculares e acidente vascular cerebral, bem como na diminuição da incidência de certos tipos de câncer e do estresse oxidativo (BHOOPAT et al., 2011; CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; DEMBITSKY et al., 2011).

Dentre os frutos, merece especial atenção a lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), fruto subtropical da família das Sapindáceas, de origem chinesa e perfeitamente adaptado às condições climáticas brasileiras. Lichias da cultivar Bengal pesam, em média, 22 g, dos quais cerca de 50% são casca e semente, que costumam ser descartadas pela indústria e consumidores (LIMA et al., 2010;

MENZEL; WAITE, 2005; PRASAD et al., 2009b), embora apresentem grandes potenciais nutricionais.

Os antioxidantes são substâncias capazes de prevenir ou retardar os efeitos deletérios do processo oxidativo, inibindo a lipoperoxidação e sequestrando radicais livres. Tais compostos estão presentes na casca e na semente de lichias, que são ricas em ácido ascórbico, compostos fenólicos, incluindo ácido gálico, flavonóides (procianidina B4, procianidina B2 e epicatequina) e antocianinas (cianidina-3-rutinosídeo, cianidina-3-glicosídeo, quercetina-3-rutinosídeo e quercetina-3-glicosídeo). Estudos farmacológicos apontam que os subprodutos da lichia possuem efeito anti-inflamatório, anti-hiperlipidêmico, anti-hiperglicêmico, hepato e cardioprotetores, além de elevada atividade antioxidante (BHOOPAT et al., 2011; LI et al., 2004; XU et al., 2011).

Vários estudos demonstram que os compostos fenólicos inibem o processo de inflamação vascular, apresentam propriedades antitrombóticas e inibição da carcinogênese. Acredita-se que tais compostos encontram-se dispostos, nos frutos e hortaliças, nas formas livre e associada a polissacarídeos de parede celular através de ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas dos compostos fenólicos e os átomos de oxigênio dos açúcares dos polissacarídeos (EBUN; SANTOSH, 2011; PINELO; ARNOUS; MEYER, 2006). Na casca e na semente de lichia são encontrados elevados teores de compostos fenólicos, que contribuem para a atividade antioxidante destas frações (SAXENA et al., 2011).

Uma grande variedade de metodologias *in vivo* e *in vitro* têm sido utilizadas para verificar a atividade antioxidante de substâncias isoladas, de alimentos ou de bebidas. Não existe um método único, universal e simples pelo qual essa atividade possa ser medida de forma precisa, possuindo, tais métodos, vantagens e desvantagens (GEÖCZE, 2007). Justamente por isso são

empregados, usualmente, mais de um método para a determinação desta atividade.

Dentre estes destaca-se o método do DPPH, baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes (SÁNCHEZ-MORENO, 2002), e o sistema β -caroteno/ácido linoléico, baseado na oxidação (descoloração) do β -caroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoléico (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Diante desta prerrogativa, avaliaram-se os compostos bioativos com atividade antioxidante e a capacidade antioxidante total de diferentes extratos das frações casca, polpa e semente de lichia *in natura* e da casca e semente submetidas à secagem a 45°C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os frutos de lichieira da cultivar Bengal foram colhidos em um pomar comercial da região de Nepomuceno, MG, a 864m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21° 12'Sul de latitude e 45° 23'de longitude.

As lichias foram colhidas pela manhã, com casca vermelho-intenso e levadas para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

2.2 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os frutos foram selecionados de acordo com uniformidade na coloração, tamanho e ausência de defeitos. Após selecionados 280 frutos, estes foram lavados, sanificados com dicloroisocianurato de sódio 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ por 15 minutos, pesados, divididos em 2 lotes, cada qual com 7 repetições de 20 frutos e separados em frações (casca, polpa e semente). Cada segmento do vegetal foi pesado para caracterizar sua proporção frente ao fruto inteiro.

As frações casca, polpa e semente do primeiro lote (140 frutos) foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer (-20° C) até a execução das análises (frações *in natura*). As frações casca e semente do segundo lote (outros 140 frutos) foram secas em estufa, a 45° C, até peso constante e armazenadas em frasco âmbar, sendo necessários, aproximadamente, 4 dias para a secagem da casca e 8 para a da semente.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo constituídos 5 tratamentos (casca, polpa e semente *in natura* e casca e semente secas a 45° C), utilizando-se 7 repetições de 20 frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003), e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As antocianinas foram analisadas em esquema fatorial (2x2)x7 em que foram comparadas as antocianinas totais das cascas submetidas a 2 tratamentos (secas e *in natura*), sendo 2 métodos de análises e 7 repetições de 20 frutos cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003), sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As antocianinas monoméricas foram quantificadas em apenas um dos métodos analisados, sendo expressas em média $\pm$ desvio padrão.

Adicionalmente, os resultados foram tratados no programa computacional Octavie 3.4.3 (EATON, 2011), para a determinação das componentes principais. Para tanto, os dados foram centrados na média e autoescalados.

2.4 Preparo dos extratos para determinação da atividade antioxidante

A fim de se avaliar a atividade antioxidante foram preparados quatro extratos, utilizando como solução extratora água destilada (A), acetona (B), solução 1:1 (v/v) de acetona 70% e etanol 50% (C) e metanol 50% (D).

Os três primeiros extratos (A, B e C) foram obtidos através da agitação horizontal, por 2 horas e ao abrigo da luz, de 1g das frações de lichias em 20 mL

das respectivas soluções extratoras. Em seguida, estes foram filtrados em papel Whatman nº 40 e utilizados na determinação da atividade antioxidante pelos métodos avaliados.

O quarto extrato (D) foi elaborado a partir de 1g das frações de lichia e extraído em condensador de refluxo com metanol a 50%, por três vezes consecutivas, usando chapa aquecedora a 80 °C. Os extratos obtidos foram reunidos, evaporados até o volume inferior a 25 mL (a fim de eliminar o metanol), avolumados para 25 mL com água destilada e utilizados na determinação da atividade antioxidante pelos métodos avaliados.

2.5 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada com base na captura do radical orgânico DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) pelos antioxidantes contidos nos extratos das frações de lichia e através da quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídios pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico.

2.5.1 Atividade antioxidante pelo método do DPPH[•]

A atividade antioxidante pelo método do DPPH[•] foi determinada de acordo com Sánchez-Moreno (2002), com modificações. A partir dos extratos obtidos no item 4.4, preparou-se três diluições de cada, os quais foram analisados em triplicata. Transferiu-se uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição dos extratos com 3,9 mL de solução DPPH[•] 0,06mM e homogeneizou-se em agitador de tubos. Para cada extrato utilizou-se o solvente correspondente como o branco. As absorbâncias foram medidas usando espectrofotômetro UV-VIS ($\lambda=515$ nm), determinadas no instante inicial, logo após a agitação, e depois de

30 minutos, tempo no qual ocorreu a estabilização da absorbância. Os resultados foram expressos em porcentagem de atividade antioxidante.

2.5.2 Atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico

A solução sistema β -caroteno/ácido linoléico foi preparada utilizando-se 0,2 mL de β -caroteno em clorofórmio ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$) ao qual foram adicionados 40 mg de ácido linoléico e 400 mg de tween 40 (emulsificante). O clorofórmio foi rotoevaporado e, em seguida, adicionou-se água tratada com oxigênio, até obter uma absorbância entre 0,6 e 0,7 a 470 nm (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

A partir dos extratos obtidos no item 4.4, preparou-se três diluições diferentes de cada, em triplicata. Misturou-se 0,2 mL de cada diluição do extrato com 2,5 mL da solução sistema β -caroteno/ácido linoléico. Utilizou-se como controle 0,2 mL da solução de trolox em etanol (200 mg L^{-1}) com 2,5 mL da solução sistema. Todos os tubos foram homogeneizados em agitador e mantidos em banho-maria a 40°C por 2 horas. Realizou-se a primeira leitura ($\lambda=470 \text{ nm}$) após 2 minutos de efetuada a mistura reacional e a cada 30 minutos até término das 2 horas. Os resultados foram calculados conforme equações 1 e 2 e expressos em porcentagem de inibição da oxidação. A redução da absorbância do sistema sem antioxidante foi considerada como 100% de oxidação.

$$\text{Equação 1: \% Proteção} = 100 - (\% \text{ Oxidação})$$

$$\text{Equação 2: \% Oxidação} = \frac{[(\text{Redução Abs})_{\text{amostra}} \times 100]}{(\text{Redução Abs})_{\text{sistema}}}$$

2.6 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram extraídos utilizando metanol (50%) como extrator, em refluxo, conforme item 4.4 (D) e quantificados de acordo com o método de Folin-Denis, descrito pela Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (2005). Os resultados foram expressos em mg de compostos fenólicos (equivalentes a ácido tânico) em 100g de matéria seca.

2.7 Vitamina C

O ácido ascórbico foi extraído através da agitação horizontal de 0,5 g das amostras em 50 mL de ácido oxálico 0,5% e 0,1 g de terra de infusório. Os extratos foram filtrados em papel Whatman nº 40 e quantificado conforme metodologia preconizada por Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ de matéria seca.

2.8 β -caroteno e licopeno

Para a determinação dos teores de β -caroteno e licopeno, utilizou-se metodologia proposta por Nagata e Yamashita (1992). Para tanto, 0,5 g das frações de lichia foram submetidas à extração com 15 mL de solução acetona e hexano (4:6) (v/v), em banho ultrassônico a 4° C, por 5 minutos. Após filtrados em tecido organça, procedeu-se a leitura das absorbâncias dos extratos em quatro comprimentos de onda: 453 nm, 505 nm, 645 nm e 663 nm. Os teores de β -caroteno e licopeno, em mg 100 mL⁻¹, foram calculados a partir das fórmulas:

$$\text{B-caroteno (mg 100mL}^{-1}\text{)} = 0,216A_{663} - 1,22A_{645} - 0,304A_{505} + 0,45A_{453}$$

$$\text{Licopeno (mg 100mL}^{-1}\text{)} = -0,0458A_{663} + 0,204A_{645} + 0,372A_{505} - 0,0806A_{453}$$

2.9 Antocianinas

As antocianinas totais foram determinadas pelo método de Fuleki e Francis (1968), através de solução extratora composta de metanol (95%), acidificado com ácido clorídrico (1,5 M), na proporção 85:15 v/v. Antocianinas totais e monoméricas também foram determinadas pelo método do pH diferencial, conforme Giusti e Wrolstad (2001), utilizando como soluções extradoras o tampão cloreto de cálcio 0,025M, pH 1,0 e o tampão acetato 0,4 M, pH 4,5. Em ambos os métodos, o teor de antocianinas, apenas das cascas *in natura* e submetidas à secagem, foi extraído por 24 horas, sob refrigeração, quantificado por espectrofotometria de UV-Vis e expresso em g de cianidina 3-glicosídeo 100g⁻¹ de matéria seca. Para tanto, utilizou-se coeficiente de extinção 26900 L cm⁻¹ mol⁻¹ e peso molecular de 445.2g.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Compostos fenólicos, vitamina C, β -caroteno e licopeno

Os teores de compostos fenólicos, vitamina C, β -caroteno e licopeno das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem são mostrados na Tabela 1. Houve diferença significativa entre as frações para todos as variáveis analisadas.

Tabela 1 Teores de compostos fenólicos (mg de fenólicos 100g⁻¹ de matéria seca), vitamina C (mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ de matéria seca), β -caroteno (mg 100mL⁻¹) e licopeno (mg 100mL⁻¹) das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45° C

Frações	Compostos fenólicos*	Vitamina C	β -caroteno	Licopeno
Casca <i>in natura</i>	22,04C	2169,52A	261,99A	ND**
Semente <i>in natura</i>	11,45D	370,47C	0,07D	0,12B
Polpa <i>in natura</i>	21,20C	453,19B	36,24C	ND**
Casca seca	71,71A	225,98D	195,09B	ND**
Semente seca	34,72B	75,67E	2,70D	4,33A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

* Expressos em equivalentes a ácido tânico

** ND- Não detectado

Nas frações *in natura*, a semente apresentou o menor teor de compostos fenólicos (11,45 mg 100g⁻¹ de matéria seca), não sendo encontradas diferenças significativas entre o teor de compostos fenólicos da casca e da polpa *in natura* (22,04 e 21,20 mg 100g⁻¹ de matéria seca, respectivamente). O teor de fenólicos encontrado na polpa de lichia *in natura* com base na matéria integral é de 3,41 mg 100g⁻¹ de matéria fresca e está de acordo com Gorinstein et al. (1999), cujos teores reportados em polpas frescas são de 3,35± 0,05 mg 100g⁻¹. Lima et al.

(2008), estudando o teor de compostos fenólicos nas frações casca, polpa e semente de jabuticabas de duas cultivares, observaram que a casca e a semente são as frações que apresentam maiores teores de compostos fenólicos. A distribuição dos compostos fenólicos, neste trabalho, ocorre, porém, de forma ligeiramente diferente do que ocorreu na jabuticaba, onde se observa as maiores concentrações de compostos fenólicos na casca e na polpa de lichias *in natura*. Isto possivelmente ocorre porque tais substâncias possuem diversas funções no vegetal como foto-proteção, defesa contra microorganismos e insetos, sendo distribuídas em maiores quantidades nas frações mais externas (casca e polpa).

As frações submetidas à secagem a 45°C apresentaram teores de fenólicos significativamente maiores em relação às frações *in natura*. O teor total de compostos fenólicos aumentou de 22,04 mg 100g⁻¹ na casca *in natura* para 71,71 mg 100g⁻¹ na casca seca e de 11,45 mg 100g⁻¹ na semente *in natura* para 34,72 mg 100g⁻¹ na semente seca a 45° C.

A desidratação, mesmo em temperaturas moderadas, promove modificações no valor nutricional, nas propriedades físicas e estruturais de frutos, hortaliças e produtos derivados. Mesmo a desidratação ocorrendo em temperaturas brandas (50° C para casca laranja, 45° C para as cascas de uva e jabuticaba), há destruição de polímeros de parede celular, em particular das substâncias pécticas, porém, em menor proporção que em temperaturas elevadas (EBUN; SANTOSH, 2011; HARBOURNE et al., 2009; KIM et al., 2006).

Desta forma, o aumento no teor total de compostos fenólicos encontrado nas frações de lichia submetidas à secagem sugere que o aquecimento promoveu liberação de compostos fenólicos ligados, possivelmente, a polissacarídeos de parede celular e que não foram extraídos e consequentemente, quantificados nas frações de lichia *in natura*.

Estudos anteriores mostram que o simples aquecimento é capaz de converter compostos fenólicos insolúveis em fenóis solúveis, nas cascas de uvas

(KIM et al., 2006) e batata, porém é incapaz de quebrar as ligações entre compostos fenólicos da casca de arroz, em brócolis e em cenoura (FALLER; FIALHO, 2009; LEE et al., 2003).

Estes resultados indicam que os compostos fenólicos dos vegetais apresentam diferentes formas de ligação dependentes das espécies. Então o efeito da temperatura na liberação de compostos fenólicos antioxidantes de diferentes espécies vegetais pode não ser o mesmo (KIM et al., 2006).

Prasad et al. (2009b) encontraram 239 μg de fenólicos por grama de semente de lichia secas a 60° C, utilizando como extrator metanol 50%. Expressando-se o resultado encontrado para a semente seca, neste experimento, na mesma unidade apresentada por Prasad et al. (2009b), o valor encontrado é de 347,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ de semente de lichia seca, valor superior ao reportado pelo referido autor.

Observam-se, nas frações *in natura*, quantidades de ácido ascórbico mais elevadas. A casca e a polpa *in natura* apresentaram teores de vitamina C superiores a semente, cujo valor foi de 370,47 mg 100g⁻¹ de matéria seca. O teor de vitamina C encontrado na polpa de lichia, foi de 72,92 mg 100g⁻¹ de matéria fresca, valor superior ao reportado por Lorenzi et al. (2006) que encontrou na polpa 50 mg 100g⁻¹ de matéria fresca. Pode-se observar ainda que a casca *in natura* (Tabela 1) apresentou teor de vitamina C bastante elevado (2169,52 mg 100g⁻¹ de matéria seca)

A secagem influenciou significativamente os teores de vitamina C, que apresentaram valores substancialmente inferiores às frações *in natura*. Isto ocorre porque a vitamina C é muito suscetível à degradação pela temperatura, pH, oxigênio, enzimas e catalisadores metálicos, que influenciam nos mecanismos degradativos, alterando a concentração do ácido ascórbico e a relação ácido ascórbico/ácido dehidroascórbico (MAEDA et al., 2007).

Embora tenha havido perdas de vitamina C durante a secagem, as frações secas apresentaram teores relativamente elevados de ácido ascórbico, sobretudo na casca seca, que apresentou teor de vitamina C superior ao encontrado em morangos, jabuticaba e abacaxi (OLIVEIRA et al., 2003; REINHARDT et al., 2004; SILVA et al., 2011).

A ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C é de 60 mg. Desta forma, a ingestão de 3g da casca de lichia *in natura* ou de 27g da casca seca é suficiente para suprir a necessidade diária desta vitamina. Os subprodutos da lichia mostram-se, assim, boas fontes de vitamina C, podendo ser utilizadas para o enriquecimento de alimentos, mesmo depois de submetidos à secagem.

O β -caroteno foi encontrado em todas as frações de lichia, porém a casca apresentou valores bastante superiores às demais frações (261,99 mg 100 mL⁻¹). Com a secagem, houve decréscimo dos teores de β -caroteno da casca, não havendo diferença significativa entre os teores da semente *in natura* e seca.

De acordo com Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005) a IDR de vitamina A é de 600 μ g de retinol ou de 3,5 mg de betacaroteno (1 micrograma betacaroteno = 0,167 micrograma de retinol). Desta forma, a ingestão de 1,34 g da casca *in natura* ou de 1,79 g da casca seca é suficiente para suprir a necessidade diária de vitamina A, embora a biodisponibilidade da vitamina A não tenha sido estudada neste trabalho. Estes resultados evidenciam o potencial nutricional da casca da lichia como fonte natural de β -caroteno, podendo contribuir para o enriquecimento de dietas e produtos alimentícios.

A porcentagem de perda encontrada neste trabalho, durante a secagem da casca da lichia, a 45° C, foi de 25,54% do total de β -caroteno, inferior à observada por Ihns et al. (2011), que encontraram perdas de 56,27% nos teores de β -caroteno de damascos secos a 60° C e 32,2% de perda na secagem de damascos à temperatura de 100° C.

O teor de licopeno na semente foi de $0,12 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$, carotenóide não detectado na casca e na polpa. A secagem também influenciou os teores de licopeno, que aumentaram na semente seca.

O comportamento dos teores de licopeno, neste estudo, difere dos observados por Zanoni et al. (1999), que encontram perdas de 12% nos teores de licopeno de tomates submetidos à secagem a 110°C , no entanto, na temperatura de 80°C , já não foram detectadas perdas nos teores deste nutriente. Não foram encontrados estudos que relatassem o comportamento do licopeno em frutos secos a 45°C .

Segundo Goula e Adamopoulos (2005), estudando a estabilidade do licopeno de tomate durante a secagem em várias condições, os teores de licopeno não são influenciados somente pela temperatura de secagem, mas também por condições ambientais, como a exposição à luminosidade, concentração de oxigênio, umidade do ar, entre outros fatores que também podem interferir na concentração de licopeno dos vegetais.

3.2 Atividade antioxidante dos extratos das frações de lichia

A Tabela 2 mostra as porcentagens de atividade antioxidante frente ao radical DPPH[•] das frações de lichia *in natura* e secas a 45°C , nos diferentes extratos analisados. Houve diferença significativa para todos os extratos avaliados.

A atividade antioxidante baseada na inibição do radical DPPH[•] foi elevada. Constata-se que os extratos de todas as frações apresentaram consideráveis atividades antioxidantes (de 12,77% a 87,18%), tanto no fruto *in natura* quanto nos secos, embora o extrato D, elaborado com metanol 50% seguido da evaporação do metanol, se destacasse pela significativa capacidade de sequestro do radical DPPH[•], exibindo as maiores atividades antioxidantes.

Tabela 2 Porcentagens de atividade antioxidante dos extratos A (aquoso), B (acetona), C (solução acetona 70% e etanol 50%) e D (metanol 50%) das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45° C, frente ao radical DPPH•

Frações	Porcentagem de atividade antioxidante pela captura do DPPH•			
	A	B	C	D
Casca <i>in natura</i>	25.70C	63.64A	56.58A	87,18A
Semente <i>in natura</i>	47.92A	27,67B	39.12C	78,42B
Polpa <i>in natura</i>	41.95B	27,25B	42.36B	31,71D
Casca seca	16,73D	19,60C	21,38E	40,55C
Semente seca	15,42D	12,77D	32,79D	18,13E

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Segundo Dias, Souza e Rogez (2010), soluções metanólicas são eficientes para extrair compostos fenólicos, sobretudo os mais polares, como os flavonóis, o que indica que a elevada atividade antioxidante encontrada neste extrato pode estar associada à presença destes compostos, capazes de doarem átomos de hidrogênio ou elétrons ou ainda quelar cátions metálicos, sendo hábeis, desta forma, em sequestrar radicais livres, ou a outros compostos passíveis de serem extraídos na solução em questão, como antocianinas e derivados dos ácidos hidroxicinâmico e elágico (KAJDŽANOSKA; PETRESKA; STEFOVA, 2011).

Ressalva-se também as elevadas percentagens de atividade antioxidante das frações casca e semente (Tabela 2), que apresentam, em alguns extratos, valores superiores à polpa, o que sugere que estas frações são ricas em compostos bioativos, sobretudo em ácido ascórbico, em β -caroteno e em compostos fenólicos, conforme observado neste estudo.

Nota-se, ainda, que as frações submetidas à secagem apresentaram menores percentagens de atividade antioxidante em relação às frações *in natura*,

o que implica que o tratamento térmico influenciou negativamente nos teores de espécies potencialmente antioxidantes. Entretanto, o comportamento da porcentagem de atividade antioxidante das frações de lichia é inverso ao comportamento encontrado nos compostos fenólicos, uma vez que, com a secagem, há decréscimo na porcentagem de atividade e aumento nos teores destes compostos. Porém, o comportamento da atividade antioxidante é semelhante ao observado nos teores de vitamina C, o que permite inferir que um dos fatores responsáveis pela perda desta atividade, sobretudo na casca, deve-se à perda de vitamina C em decorrência do processo de secagem.

Nos extratos B e C, respectivamente, é possível observar que houve decréscimo de 69,20% e 62,21% da atividade antioxidante na casca seca e de 53,85% e 16,18% da atividade antioxidante na semente seca. Esta redução na porcentagem de atividade antioxidante é inferior a porcentagem de perda de vitamina C durante o processo de secagem, no entanto, este comportamento se deve ao aumento dos compostos fenólicos durante tal processo. Da mesma forma, a manutenção de considerável porcentagem antioxidante na casca seca (40,55%), pode ser atribuída ao aumento dos fenóis durante a secagem.

Matinez-Valverde, Periago e Provan (2002), avaliando a influência do solvente na extração de compostos antioxidantes, observaram que o uso da solução água/etanol (1:1) como solvente, favorecia a extração de vitamina C, além de pequenas quantidades de carotenóide e compostos fenólicos, influenciando na determinação da atividade antioxidante.

Prasad et al. (2009a) avaliaram a atividade antioxidante na casca de lichias chinesas da cv. Baila submetidas à extração em altas pressões e encontraram 74% de atividade. Este valor é inferior ao encontrado neste trabalho, no extrato D, cuja porcentagem de atividade antioxidante foi de 87,18% e esta diferença pode ser devido aos diferentes tipos de clima, maturidade, cultivar e práticas agrícolas.

O decréscimo da porcentagem de atividade antioxidante com o aquecimento também foi relatado por Tomaino et al. (2005), que, estudando a ação antioxidante de óleos essenciais de diversas espécies vegetais e em diferentes condições de temperatura, observaram que todos os óleos testados, apresentaram, em temperatura ambiente, propriedade sequestradora de radical livre superior à observada sob aquecimento a 180°C. Apenas a noz moscada apresentou atividade antioxidante mais alta após aquecimento.

A associação de métodos, como o DPPH• e o sistema β -caroteno/ácido linoléico, oferece informações mais fidedignas acerca do perfil antioxidante de uma amostra que um único método isolado.

As porcentagens de atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico das frações de lichia *in natura* e secas a 45°C, nos diferentes extratos analisados, encontram-se na Tabela 3. Houve diferença significativa para todos os extratos avaliados.

Os extratos de todas as frações apresentaram consideráveis porcentagens de atividade antioxidante, que variaram entre 21,63% e 75,89%. Observa-se, entretanto, que a casca *in natura* apresentou maior atividade antioxidante em todos os extratos analisados, quando comparados às demais frações.

Nas cascas secas e *in natura*, os extratos B, C, e D apresentaram porcentagens de atividade antioxidante muito próximas (variando de 75,35 a 75,89% para a casca *in natura* e de 28,53 a 29,53% para a casca seca). Este comportamento não foi observado nas demais frações.

Tabela 3 Porcentagens de atividade antioxidante dos extratos A (aquoso), B (acetona), C (solução acetona 70% e etanol 50%) e D (metanol 50%) das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem a 45°, na concentração de 1mg mL⁻¹, pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico

Frações	Porcentagem de atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico			
	A	B	C	D
Casca <i>in natura</i>	66,11A	75,89A	75,35A	75,47A
Semente <i>in natura</i>	22,66D	41,44C	45,82B	61,22B
Polpa <i>in natura</i>	24,94C	56,44B	36,37D	62,12B
Casca seca	21,63E	28,53D	28,82E	29,53D
Semente seca	36,86B	28,51D	43,43C	47,14C

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com a secagem houve decréscimo na porcentagem de atividade antioxidante, no entanto as frações submetidas à secagem a 45° C mantiveram parte dos compostos potencialmente antioxidantes das frações *in natura*, que não foram completamente degradados no processo de secagem. Isto indica que a casca e a semente secas podem ser utilizadas como fonte de antioxidantes naturais.

Em todas as frações e extratos analisados a porcentagem de atividade antioxidante encontrada foi inferior a do trolox, cujo percentual observado, na concentração de 1mg mL⁻¹, foi de 96,3%.

As porcentagens de atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico encontradas para a casca e semente de lichia *in natura* foram semelhantes às reportadas por Lima (2009), que encontrou 75,02% para a casca e 60,26% para a semente *in natura* de jabuticaba cv. Paulista, utilizando como extrator etanol 50% acidificado com HCl 1,5 mol L⁻¹ (85:15).

A atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico foi ligeiramente diferente da observada pelo sequestro do radical DPPH[•]. Kubola e

Siriamornpun (2008), avaliando a atividade antioxidante de diferentes partes da planta *Momordica charantia* L., também encontraram diferentes resultados para cada método analisado. Em cinco testes distintos, os resultados de melhor desempenho alteraram-se entre as diferentes partes da planta, demonstrando que cada amostra pode desempenhar atividades antioxidantes distintas, em diferentes testes. Além dos diversos compostos antioxidantes presentes nos extratos, a atividade antioxidante depende ainda do efeito sinérgico entre esses compostos.

3.3 Antocianinas

No Gráfico 1 são mostrados os teores de antocianinas encontrados nas cascas de lichia. Houve diferença significativa entre os teores de antocianinas totais das cascas *in natura* e secas a 45° C e entre os métodos de Fuleki e Francis (1968) (Gráfico 1A) e de Giusti e Wrolstad (2001) (Gráfico 1B).

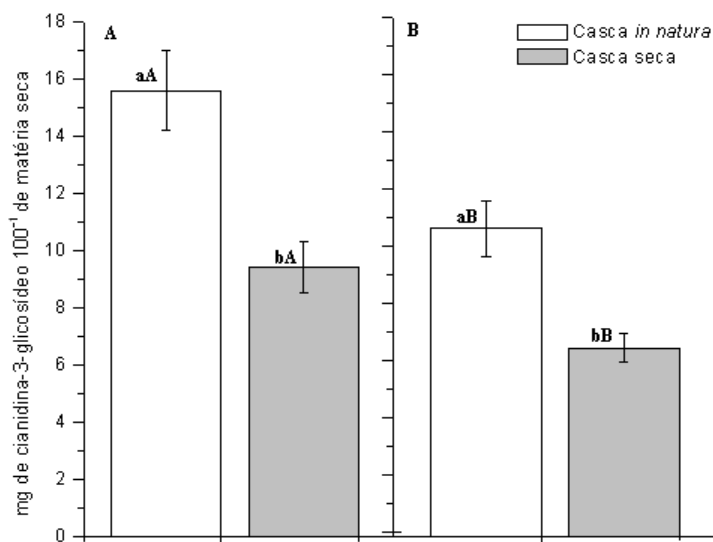


Gráfico 1 Teor de antocianinas totais das cascas de lichia *in natura* e secas a 45° C*, pelos métodos de Fuleki e Francis (1968) (A) e Giusti e Wrolstad (2001) (B). Barras em cada gráfico representam a média $\pm$ desvio padrão (n = 7). Letras minúsculas comparam frutos secos e *in natura* e letras maiúsculas comparam os métodos. Letras iguais não diferem entre si segundo teste Tukey ($P \leq 0,05$)

Umidade das frações (em g 100g⁻¹): casca (68,93), polpa (83,91) e semente (47,11)

Menores teores de antocianinas foram encontrados quando se utilizou metodologia determinada por Giusti e Wrolstad (2001), o que indica que o método de Fuleki e Francis (1968) é mais eficiente em extrair pigmentos antociânicos.

A quantidade de antocianinas totais encontrada pelo método de Fuleki e Francis (1968), na casca *in natura*, expressando o resultado que consta no Gráfico 1 em base na matéria fresca, foi de 0,016 g 100 g⁻¹ de casca fresca, valor que se aproxima ao reportado por Duan et al. (2007), que encontrou 0,019 g 100 g⁻¹ massa fresca de antocianinas na casca de lichias cv. Huaizhi.

Os teores de antocianinas totais observados na casca seca a 45° C foram inferiores aos encontrados na casca *in natura*, a despeito dos métodos utilizados.

De acordo com Wrolstad, Durst e Lee (2005), a estabilidade das antocianinas é afetada pela sua estrutura química e concentração, luz, enzimas endógenas ou adicionadas, temperatura, pH, co-pigmentos e a relação molar destes com as antocianinas, além de oxigênio, ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e seus produtos de degradação, proteínas e dióxido de enxofre. Desta forma, o decréscimo dos teores de antocianinas nas cascas secas se deve à alta instabilidade das antocianinas, que são rapidamente degradadas pelo calor, durante processo de secagem.

Os conteúdos de antocianinas monoméricas doseados foram de $0,027 \pm 0,006 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e de $0,021 \pm 0,002 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ na casca *in natura* e seca, respectivamente, expressos com base na matéria seca. Há predominância de antocianinas monoméricas, que correspondem a 77,14% do total de antocianinas nas cascas *in natura* e a 87,5% nas secas.

3.4 Análise das componentes principais

A atividade antioxidante de uma determinada fruta se deve a um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais, outros compostos vegetais, como os compostos fenólicos e algumas enzimas, capazes de bloquear os efeitos danosos dos radicais livres. Como os sistemas biológicos são complexos é difícil analisar isoladamente a atividade antioxidante correspondente a cada um destes compostos. Por isso, na tentativa de elucidar a quais compostos analisados no presente estudo se devem os potenciais antioxidantes existentes, foi realizada uma análise de componentes principais.

A análise de componentes principais (PCA) aplicada aos dados deste trabalho (à exceção das variáveis antocianinas totais e monoméricas da casca) explicou 82,90 % da variância total do perfil antioxidante da lichia e indica que

a representação do perfil desta pode ser feita com base nas componentes principais 1 e 2.

Nos Gráficos 2 e 3, encontram-se as representações gráficas dos resultados da análise de componentes principais. No gráfico dos escores (Gráfico 2) é possível observar que a primeira componente (CP1) responde por 60,51 % de toda informação e é responsável pela diferenciação horizontal entre as frações que apresentam os maiores teores de compostos fenólicos (casca e semente secas das demais frações). No entanto, a segunda componente (CP2) discrimina verticalmente a casca *in natura* das demais frações pelos elevados teores de β -caroteno, vitamina C e antioxidantes encontrados nesta, desta forma, a CP2 contribui e explica 22,39 % da variância total. Fica evidente a separação das frações de lichias em 3 grupos, onde é possível observar que a casca *in natura*, fração responsável pela maior atividade antioxidante, diferencia-se das demais, assim nota-se uma grande distância entre estes pontos da PCA. Nota-se ainda que ao longo do eixo da CP1 há separação das frações secas e *in natura*, o que remete ao tipo de tratamento aplicado às frações de lichia.

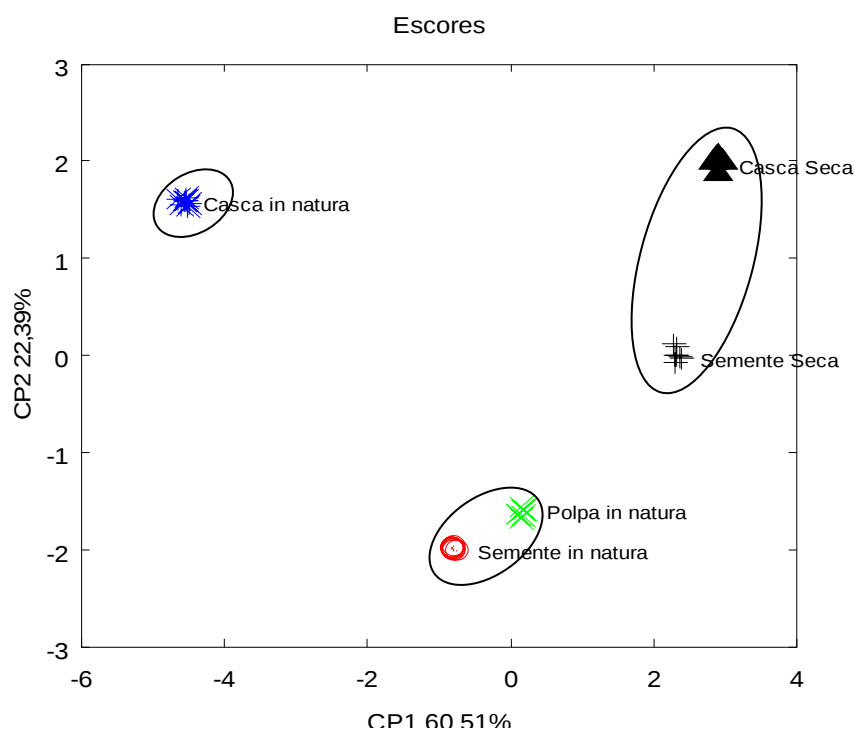


Gráfico 2 Representação gráfica dos escores das frações de lichia avaliadas em relação aos eixos definidos pelas componentes principais (CP1 e CP2)

O gráfico dos pesos (Gráfico 3) permite a caracterização de tendências entre as variáveis. Observando-se ao longo do eixo da CP1, as variáveis que mais influenciaram esta componente, horizontalmente, são: fenóis e licopeno (com valores positivos), principais variáveis para a casca seca e a semente seca, respectivamente, e vitamina C e os antioxidantes (com valores negativos), principais variáveis para a casca *in natura*. Nota-se também, ao longo do eixo da CP2, que as variáveis que mais contribuem para a diferenciação das frações, na vertical, são os teores de β -caroteno (com valores positivos), responsável pela diferenciação da casca *in natura* e a atividade antioxidante do extrato A pelo método DPPH (com valores negativos na CP2), variáveis que diferenciam a semente e a polpa *in natura* das demais frações.

Também neste gráfico é possível observar que a atividade antioxidante encontrada nas frações de lichia *in natura* deve-se, sobretudo à vitamina C e ao teor de β -caroteno, resultado que pode ser deduzido pela proximidade destes com os extratos de antioxidantes.

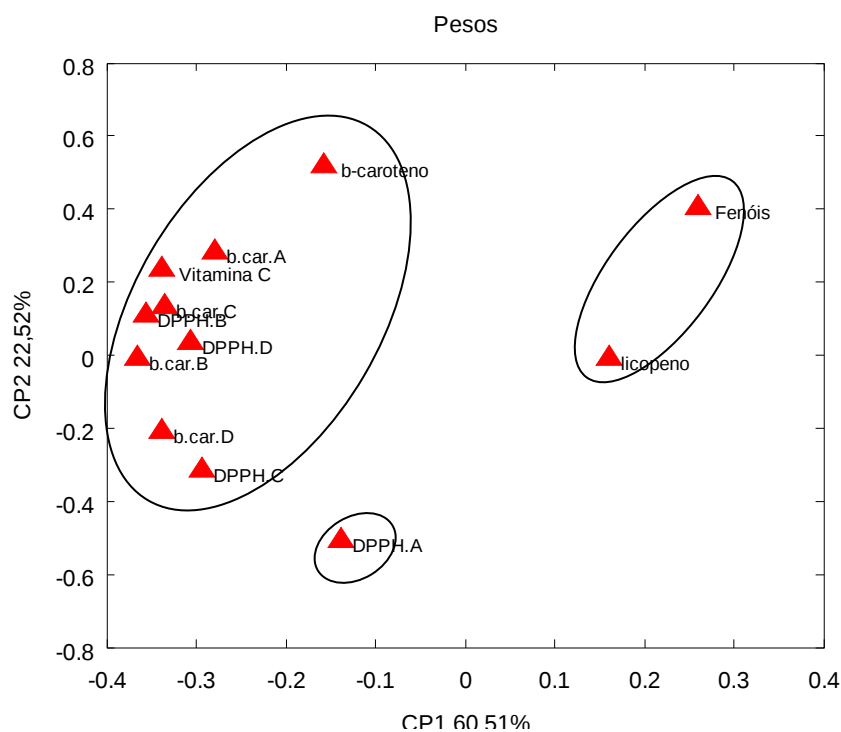


Gráfico 3 Representação gráfica dos pesos das análises realizadas nas frações de lichia avaliadas em relação aos eixos definidos pelas componentes principais (CP1 e CP2). No Gráfico, (b-car) atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico e (DPPH) atividade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH dos extratos das frações de lichia preparados com: (A) água, (B) acetona, (C) acetona 70%/etanol 50% (v/v), (D) metanol 50%

4 CONCLUSÃO

A secagem a 45° C influenciou negativamente a atividade antioxidante e os teores de vitamina C, antocianinas e β -caroteno e positivamente os teores de licopeno e compostos fenólicos.

As frações de lichia (casca e semente) apresentaram atividade antioxidante expressiva, o que possibilita o seu uso, *in natura* ou submetidas à secagem a 45° C, como fontes de antioxidantes naturais e como aditivo na indústria alimentícia, com possíveis benefícios à saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association on analytical chemistry**. 18th ed. Mayland, 2005. 1094 p.
- BHOOPAT, L. et al. Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 136, n. 1, p. 55-66, Apr. 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005.
- CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 1658-1670, Aug. 2011.
- DEMBITSKY, V. M. et al. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 1671-1701, Aug. 2011.
- DIAS, A. L. S.; SOUZA, J. N. S.; ROGEZ, H. Enriquecimento de compostos fenólicos de folhas de *inga edulis* por extração em fase sólida: quantificação de seus compostos majoritários e avaliação da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 38-42, jan. 2010.
- DUAN, X. et al. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. **Food Chemistry**, London, v. 101, n. 4, p. 1365-1371, May 2007.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema b-caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.
- EATON, J. W. **GNU Octave**. Versão 3.4.3. Disponível em: <<http://www.gnu.org/software/octave/download.html>>. Acesso em: 11 dez. 2011.

EBUN, O.; SANTOSH, K. Effect of domestic cooking on the polyphenolic content and antioxidant capacity of plantain (*Musa paradisiaca*). **World Journal of Dairy & Food Sciences**, Champaign, v. 6, n. 2, p. 189-194, Feb. 2011.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Journal of Food Research International**, Barking, v. 42, n. 1, p. 210-215, Jan. 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 4.6. Lavras: UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2011.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Extraction of determination of total anthocyanins in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-77, Jan. 1968.

GEÖCZE, A. C. **Influência da preparação do licor de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg) no teor de compostos fenólicos**. 2007. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: Wiley, 2001. p. 1-13.

GORINSTEIN, S. et al. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 10, n. 6, p. 367-371, June 1999.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 38, n. 5, p. 479-487, Aug. 2005.

HARBOURNE, N. et al. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and willow (*Salix alba*). **Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 9, p. 1468-1473, Nov. 2009.

IHNS, R. et al. Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 275-283, June 2011.

KAJDŽANOSKA, M.; PETRESKA, J.; STEFOVA, M. Comparison of different extraction solvent mixtures for characterization of phenolic compounds in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 10, p. 5272-5278, Apr. 2011.

KIM, S. Y. et al. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. **Food Chemistry**, London, v. 97, n. 3, p. 472-479, Aug. 2006.

KUBOLA, J.; SIRIAMORNpun, S. Phenolic contents and antioxidants activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fractions extracts *in vitro*. **Food Chemistry**, London, v. 110, n. 4, p. 881-890, Oct. 2008.

LEE, S. C. et al. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 15, p. 4400-4403, Aug. 2003.

LI, W. L. et al. Natural medicines used in the traditional Chinese medical system for therapy of diabetes mellitus. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 92, n. 1, p. 1-21, 2004.

LIMA, A. J. B. **Caracterização e atividade antioxidante de jabuticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg.]**. 2009. 159 p. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, A. J. B. et al. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LIMA, R. A. Z. et al. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 914-921, jul./ago. 2010.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo *in natura***. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

MAEDA, R. N. et al. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) *McVaugh*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 313-316, abr./jun. 2007.

MATINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in comercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 3, p. 323-330, Feb. 2002.

MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. **Litchi and Longan: botany, production and uses**. London: CABI, 2005. 305 p.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomatoes fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

OLIVEIRA, A. L. et al. Caracterização tecnológica de jabuticabas 'Sabará' provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 25, n. 3, p. 397-400, 2003.

PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 17, n. 11, p. 579-590, Nov. 2006.

PRASAD, N. K. et al. 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**, Oxford, v. 44, p. 960-966, 2009a.

_____. Identification of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) seeds. **Food Chemistry**, London, v. 116, n. 1, p. 1-7, Jan. 2009b.

REINHARDT, D. H. et al. Gradientes de qualidade em abacaxi 'Pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 544-546, dez. 2004.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, London, v. 8, n. 1, p. 121-137, Feb. 2002.

SAXENA, S. et al. Antioxidant and radioprotective properties of commercially grown litchi (*Litchi chinensis*) from India. **Food Chemistry**, London, v. 126, n. 1, p. 39-45, Jan. 2011.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 95-103, jan./fev. 1999.

SILVA, P. A. et al. Avaliação da qualidade de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 13-21, 2011.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas**: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TOMAINO, A. et al. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. **Food Chemistry**, London, v. 89, n. 4, p. 549-554, Mar. 2005.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 9, p. 423-428, Sept. 2005.

XU, X. et al. Flavonoid Glycosides from the seeds of *Litchi chinensis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 4, p. 1205-1209, Feb. 2011.

ZANONI, B. et al. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 5, p. 395-401, June 1999.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A Resumo da análise de variância dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos e cinzas das frações de lichia cv. Bengal, expressos em matéria fresca

Quadrado médio						
FV	GL	Umidade	Proteína bruta	Extrato etéreo	Carboidratos	Cinzas
Frações	2	2438,953	8,466	3,687	2082,489	0,301
Erro	18	0,066	0,008	0,006	0,087	0,001
CV (%)		0,38	3,79	5,70	1,08	5,80

Tabela 2A Resumo da análise de variância dos teores de proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos e cinzas das frações de lichia cv. Bengal, expressos em matéria seca

Quadrado médio					
FV	GL	Proteína bruta	Extrato etéreo	Carboidratos	Cinzas
Frações	2	66.840	31.803	2906.945	1.928
Erro	18	0.087	0.064	18.903	0.180
CV (%)		3.95	5.59	1.32	5.45

Tabela 3A Resumo da análise de variância dos teores de fibra bruta, fibra alimentar solúvel e total, expressos em matéria seca e da massa das frações de lichia cv. Bengal

Quadrado médio					
FV	GL	Fibra bruta	Fibra alimentar		Massa
			solúvel	total	
Frações	2	1144.275	188.009	1051.772	134241,402
Erro	18	5.239	0.272	1.129	70,035
CV (%)		6.33	3.04	3.04	4,63

Tabela 4A Resumo da análise de variância dos teores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável das frações de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas a secagem à 45° C, expressos em matéria seca

Quadrado médio				
FV	GL	Sólidos solúveis	pH	Acidez titulável
Frações	4	5205.498	7.144	18.176310
Erro	30	4.602	0.022	0.002
CV (%)		6.28	2.89	4.55

ANEXO B

Tabela 1B Resumo da análise de variância para os teores de nitrato, atividade inibitória de tripsina, amilase e lipase e porcentagem de inibição de lipase das frações de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas à secagem à 45° C, expressos em matéria seca

Quadrado médio						
FV	GL	Nitrato	UIT	UIA	UIL	% Inibição lipase
Frações	4	120442.025	686.092	64.526	0.558	3895,307
Erro	30	172.387	0.393	0.027	0.0003	4,015
CV (%)		6.27	5.56	8.77	6.71	6,21

ANEXO C

Tabela 1C Resumo da análise de variância para os teores de β -caroteno, licopeno, vitamina C e compostos fenólicos das frações de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas a secagem a 45° C, expressos em matéria seca

Quadrado médio					
FV	GL	β -caroteno	Licopeno	Vitamina C	Compostos fenólicos
Frações	4	102897,473	25,909	5136352.858	4053.313
Erro	30	24,951	0,005	1348.082	0.769
CV (%)		5,03	7,63	5.57	2.79

Tabela 2C Resumo da análise de variância para percentagem de atividade antioxidante dos extratos das frações de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas à secagem a 45° C, pelo método do DPPH

Quadrado médio					
FV	GL	Extrato A	Extrato B	Extrato C	Extrato D
Frações	4	1522,700	2711.155	1168.907	6339,5689
Erro	30	0,991	0.499	0.320	3,090
CV (%)		3,37	2.34	1.47	3,43

Tabela 3C Resumo da análise de variância para percentagem de atividade antioxidante dos extratos das frações de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas à secagem a 45° C, pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico

Quadrado médio					
FV	GL	Extrato A	Extrato B	Extrato C	Extrato D
Frações	4	2454.120	2860.399	2206,152	2157,279
Erro	30	0.150	0.190	0,481	1,042
CV (%)		1.13	0,96	1,51	1,86

Tabela 4C Resumo da análise de variância para antocianinas totais da casca de lichia cv. Bengal *in natura* e submetidas à secagem à 45° C, pelos métodos de Fuleki e Francis (1968) e Giusti e Wrolstad (2001), expressos em matéria seca

Quadrado médio		
FV	GL	Antocianinas totais
Método	1	0.00109
Tratamento	1	0.00122
Método*Tratamento	1	0.00003
Erro	24	0.000007
CV (%)		7,07