

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO**

JÉSSICA NUNES FERREIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, VITAMINAS E MINERAIS DE BIRIBIRI
(*Averrhoa bilimbi L.*) DA AGRICULTURA FAMILIAR DO TERRITÓRIO
MÉDIO RIO DOCE – MINAS GERAIS**

Governador Valadares – Minas Gerais

2019

JÉSSICA NUNES FERREIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, VITAMINAS E MINERAIS DE BIRIBIRI
(*Averrhoa bilimbi L.*) DA AGRICULTURA FAMILIAR DO TERRITÓRIO
MÉDIO RIO DOCE – MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Departamento de
Nutrição da Universidade Federal de
Juiz de Fora – Campus Governador
Valadares, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Nutricionista.

Orientador: Leandro de Moraes
Cardoso

Governador Valadares – Minas Gerais

2019

JÉSSICA NUNES FERREIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, VITAMINAS E MINERAIS DE BIRIBIRI
(*Averrhoa bilimbi* L.) DA AGRICULTURA FAMILIAR DO TERRITÓRIO
MÉDIO RIO DOCE – MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Departamento de
Nutrição da Universidade Federal de
Juiz de Fora – Campus Governador
Valadares, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Nutricionista.

Orientador: Leandro de Moraes
Cardoso

APROVADO: 15 de novembro de 2019



Prof. Fernando E. de Matos Júnior
Depto de Nutrição /UFJF/GV



Prof. Reinaldo Duque B. L. Teixeira
Depto. de Ciências Básicas da Vida/UFJF/GV



Prof. Leandro de Moraes Cardoso
Departamento de Nutrição / UFJF
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por minha vida, família e amigos, pela oportunidade de aqui estar e por permitir que tudo isso acontecesse.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, campus Governador Valadares, que oportunizou a janela que hoje vislumbro.

Às Prof^{as.} Ceres Mattos Della Lucia e Helena Maria Pinheiro Sant'Ana por autorizarem e viabilizarem a utilização do Laboratório de Análises de Vitaminas da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para realização de parte das análises.

Ao meu orientador, Prof. Leandro de Moraes Cardoso, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos colegas de graduação, Lionardo Conte e Beatriz Souza, ao Técnico do Departamento de Nutrição da UFJF/GV, Felipe Almeida, e aos integrantes do Laboratório de Análises de Vitaminas da UFV, por contribuírem na realização das análises deste trabalho.

Ao senhor Geraldo Magela Ferreira e Silva, agricultor familiar que doou os frutos de biribiri analisados neste estudo.

Aos Prof^{s.} Reinaldo Duque Brasil Landulfo Teixeira e Fernando Eustáquio de Matos Júnior por participarem da banca e pelas contribuições a este trabalho.

Aos meus pais, César e Vanusa, ao meu irmão, Júlio César, aos meus avós, tios e amigos por todo amor, incentivo e apoio incondicional.

À família CAT (Centro Agroecológico Tamanduá) / NAGÔ (Núcleo de Agroecologia de Governador Valadares) por, desde o primeiro período de curso, me abrirem as portas a um mundo mágico, repleto de trocas, experiências, vivências, aprendizados e evoluções indescritíveis.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar as características físicas, a composição química, o conteúdo de vitamina C (ácidos ascórbico e desidroascórbico), vitamina E (α , β , γ e δ -tocoferóis e tocotrienóis), carotenoides (α e β -caroteno, β -criptoxantina e licopeno) e minerais em frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi L.*) do Vale do Rio Doce (Minas Gerais, Brasil). A acidez titulável foi determinada por neutralização volumétrica, o pH por potenciometria direta; os sólidos solúveis por refratometria; a umidade por gravimetria; as cinzas por calcinação em mufla; as proteínas pelo método micro-Kjeldahl; as fibras alimentares pelo método gravimétrico não enzimático e os lipídeos utilizando um extrator soxhlet. Os carotenoides e a vitamina C foram analisados por cromatografia líquida de alta performance (CLAE). A vitamina E foi avaliada por CLAE com detector de fluorescência e quatorze minerais analisados por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. O biribiri apresentou alto rendimento de porção comestível (100%). O fruto teve baixo teor de lipídeos, proteínas e carboidratos e, por consequência, baixo valor energético total (25,36 kcal/100g). O biribiri apresentou o baixo conteúdo de fibra alimentar (0,62 g/100g), vitamina E total (17,62 μ g/100g), carotenoides totais (0,32 g/100g), e elevado conteúdo de vitamina C, zinco, cobre, ferro, manganês, molibdênio e cromo. O cádmio esteve ausente na polpa e o alumínio e níquel presente em traços. Em conclusão, o fruto de biribiri apresentou elevado rendimento de polpa, a qual teve baixo valor energético e foi uma excelente fonte de vitamina C, ferro, manganês, molibdênio e cromo e boa fonte de zinco e cobre.

Palavras-chaves: planta alimentícia não convencional, valor nutricional, compostos bioativos, análise centesimal, características físicas.

ABSTRACT

This study objectified to evaluate the physical characteristics, chemical composition, content of vitamin C (ascorbic and dehydroascorbic acids), vitamin E (α , β , γ and δ -tocopherols and tocotrienols), carotenoids (α and β -carotene, β -cryptoxanthin and lycopene) and minerals in fruits of Biribiri (*Averrhoa bilimbi*) from the Rio Doce Valley (Minas Gerais, Brazil). Titratable acidity was determined by volumetric neutralization, pH by direct potentiometry; soluble solids by refractometry; humidity by gravimetry; the ashes by calcination in muffle; proteins by the micro-Kjeldahl method; dietary fiber by non-enzymatic gravimetric method and lipids using a soxhlet extractor. Carotenoids and vitamin C were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). Vitamin E was evaluated by HPLC with fluorescence detector and fourteen minerals analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. The biribiri showed high yield of edible portion (100%). It had low lipid, protein and carbohydrate content and, consequently, low total energy value (25.36 kcal / 100g). The fruit had low dietary fiber content (0.62 g / 100g), total vitamin E (17.62 μ g / 100g), total carotenoids (0.32g / 100g), and high vitamin C, zinc, copper, iron content, manganese, molybdenum and chrome. Regarding the heavy metals, the fruit presented cadmium absence, and traces of aluminum and nickel. In conclusion, the Biribiri fruit presented high pulp yield, which had low energy value and was an excellent source of vitamin C, iron, manganese, molybdenum and chromium and good source of zinc and copper.

Keywords: nutritional value, unconventional food plant, bioactive compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura I – Representação gráfica de frutos do biribiri (*Averrhoa bilimbi*).....18

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Características físicas de biribiri (<i>Averrhoa bilimbi</i>) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil).....	19
Tabela II – Características químicas e valor energético total em biribiri (<i>Averrhoa bilimbi</i>) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil).....	20
Tabela III – Teor de carotenoides e vitaminas em biribiri (<i>Averrhoa bilimbi</i>) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil).....	21
Tabela IV – Conteúdo mineral e contribuição potencial da polpa em biribiri (<i>Averrhoa bilimbi</i>) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil) para o fornecimento de recomendações diárias de minerais para homens adultos.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Ácido Ascórbico

Al – Alumínio

Ca – Cálcio

Cd – Cádmió

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

Cr – Cromo

Cu - Cobre

DAD – Detector de arranjo de díodos;

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-ácido

Fe – Ferro

K – Potássio

Mfr – Massa do fruto

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

Mo – Molibdênio

Na – Sódio

nd – Não detectado

Ni – Níquel.

pH – Potencial Hidrogeniônico

R – Coeficiente de Determinação

RDA – Recommended daily allowance (Ingestão Diária Recomendada)

Se - Selênio

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1	Caracterização do contexto socioambiental da região de coleta dos frutos	12
2.2	Obtenção, amostragem e preparação das amostras	12
2.3	Caracterização física dos frutos	13
2.4	Análises químicas e físico-químicas da polpa fresca	13
2.5	Determinação de carotenoides e vitaminas	14
2.5.1	Extração e análise de carotenoides.....	14
2.5.2	Extração e análise de vitamina C	15
2.5.3	Extração e análise de vitamina E.....	15
2.5.4	Identificação e quantificação dos carotenoides e vitaminas	16
2.6	Determinação de minerais e oligoelementos	17
2.7	Cálculo do potencial da polpa de biribiri como fonte de vitaminas e minerais	17
2.8	Delineamento experimental e análise dos dados.....	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1	Caracterização física.....	19
3.2	Características químicas.....	20
3.3	Carotenoides e vitaminas.....	22
3.4	Minerais.....	23
4	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

A *Averrhoa bilimbi* L. é uma árvore frutífera pertencente à família das Oxalidaceae, que inclui também a *Averrhoa carambola* L. (carambola) (Maidana et al., 2005). Embora a origem da *Averrhoa bilimbi* seja incerta, ela está naturalmente distribuída e é cultivada em países tropicais e subtropicais (Maidana et al., 2005). No Brasil, a *Averrhoa bilimbi*, popularmente conhecida como biribiri, bilimbi, limão-japonês, limão-de-caiena e carambola amarela, é endêmica e cresce sem ação antrópica nos estados do Rio de Janeiro, Amazonas, Pará e Santa Catarina (Lima et al., 2001).

Embora o biribiri apresente elevada importância econômica e medicinal, a exploração desta frutífera, especialmente, dos seus frutos, ainda é incipiente (Mokhtar and Aziz, 2016; Soumya and Nair, 2016). Devido ao limitado número de cultivos comerciais, a distribuição e a comercialização dos frutos de biribiri são muito restritas. Os frutos verdes do biribiri são utilizados na produção de temperos, vinagres, conservas e sucos, e os maduros são consumidos *in natura* ou processados para o preparo de compotas, doces, geleias e sucos (Istiqamah et al., 2019; Pessoa, 2017).

O biribiri é uma planta utilizada na medicina tradicional para o tratamento de várias doenças (Alhassan and Ahmed, 2016). Estudos demonstraram as bases científicas para o uso terapêutico dos frutos de biribiri no tratamento de distúrbios dentais, dores de garganta, problemas estomacais, diabetes, hipertensão e infecções (Alhassan and Ahmed, 2016; Ariharan et al., 2012). Além disso, os frutos do biribiri podem possuir propriedades antiobesogênica, anticolesterolêmica, antibacteriana e antioxidante (Ambili et al., 2009; Kumar et al., 2013).

Pesquisas sobre o perfil nutricional e fitoquímico de Plantas Alimentares Não Convencionais (PANC), como o biribiri, são cada vez mais importantes no contexto da segurança e soberania alimentar e da conservação da agrobiodiversidade. Informações sobre a composição química de frutos de biribiri nativos do Brasil são escassas na literatura científica. Estas informações se restringem a composição físico-química e física (pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, peso, comprimento, largura e número de sementes) e ao perfil de polifenóis e antioxidantes dos frutos (Araújo et al., 2009; Pessoa, 2017).

Estudos realizados com frutos originários de países asiáticos ou africanos demonstraram que o biribiri é uma boa fonte de vitamina C (Ariharan et al., 2012), possui formas de vitaminas como ácido nicotínico, ácido pantotênico e tocoferóis (Muhamad et al., 2015; Yan et al., 2013). Os frutos asiáticos e africanos apresentaram ainda minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, selênio e cromo), metais pesados (chumbo e cádmio) (Bhaskar and Shantaram, 2013; Dangat et al., 2014; Soumya and Nair, 2016) e uma diversidade de compostos fenólicos (cianidina-3-O-glucosídeo, miricetina, luteolina, quercetina, apigenina e taninos) (Miean and Mohamed, 2001; Ramsay and Mueller-Harvey, 2016; Yan et al., 2013).

Diante da ausência de informações sobre os carotenoides, a vitamina E e os minerais presentes em biribiri oriundo do Brasil, da alta variabilidade nas características físicas e químicas de frutos crescidos sem interferência antrópica e da variação destas características devido a fatores genéticos e edafoclimáticos dos locais de cultivo (Lima et al., 2001), objetivou-se com esse estudo determinar as características físicas e químicas (macronutrientes, vitamina C, vitamina E e carotenoides e minerais) de frutos de biribiri provenientes da agricultura familiar em Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do contexto socioambiental da região de coleta dos frutos

Os frutos foram coletados em uma propriedade da agricultura familiar denominada Sítio Paraíso localizada no distrito de Chonim de Cima, do município de Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil). A propriedade localiza-se a 36 km de Governador Valadares e a 21 km de Marilac e está a 285 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Esta localidade, possui clima tropical quente semiúmido, com temperatura média anual de 24.2 °C e pluviosidade média anual de 1109 mm. Além disto, esta possui relevo ondulado, com áreas de vegetação nativas variadas, e cultivos de frutíferas convencionais e exóticas, hortaliças e leguminosas. Seu solo é de caráter arenoso em decorrência de impactos ambientais em seu entorno, porém na propriedade estes impactos são controlados, em decorrência de sua produção com base agroecológica, e manejo sustentável de solo e cultivos, bem como recuperação de nascentes e de áreas degradadas.

2.2 Obtenção, amostragem e preparação das amostras

A obtenção dos frutos de biribiri doados para o presente estudo se deu por intermédio do Centro Agroecológico Tamanduá (CAT), o qual há aproximadamente trinta anos presta assistência técnica e promove extensão rural a produtores familiares e agroecológicos do território Médio Rio Doce. O CAT por meio da Rede de Prossumidores Agroecológico Tamanduá, projeto que tem como principal objetivo aproximar o campo e a cidade, promovendo atividades à campo, metodologias participativas, comercialização direta entre produtores e consumidores, promoveu a união entre o campo e a universidade, por meio, por exemplo, da doação de PANCs para as atividades de extensão e pesquisa realizadas nesta instituição.

Frutos de biribiri foram colhidos durante a safra (dezembro de 2018) em uma propriedade da agricultura familiar localizada no Distrito de Chonim de Cima, em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil). Os frutos coletados foram transportados para o laboratório em caixas de isopor em, no máximo, 24h após a colheita.

No laboratório, os frutos morfológicamente perfeitos e “semi-maduros”, caracterizados pela coloração levemente amarelada, foram selecionados, lavados em água corrente e secos em toalhas de papel. Em seguida, os frutos foram quarteados manualmente com o auxílio de uma faca de aço inoxidável sendo selecionados dois quartis opostos em cada fruto. Os quartis selecionados foram homogeneizados em um processador de alimentos (Faet Multipratic, MC5, Brasil), acondicionados em sacos de polietileno e armazenados em freezer ($-18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) para posterior análise.

2.3 Caracterização física dos frutos

As medidas individuais da altura e do diâmetro de 30 frutos (10 unidades por repetição) foram obtidas com o auxílio de um paquímetro digital. A massa dos frutos (Mfr) foi obtida por pesagem individual direta em balança semi-analítica (Gehaka, BG 2000, Brasil).

2.4 Análises químicas e físico-químicas da polpa fresca

A acidez titulável, o pH, os sólidos solúveis (Lutz, 2008) e a composição centesimal (Horwitz, 2000) da polpa de biribiri foram determinados em três repetições. A acidez titulável foi determinada por neutralização volumétrica utilizando solução padrão de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. O pH foi determinado por potenciometria direta e os sólidos solúveis por refratometria, utilizando um refratômetro portátil (Multibras, M45, Brasil).

A umidade foi determinada por gravimetria após secagem em estufa (Nova Ética, 4000, Brasil) a 105°C e as cinzas determinadas por calcinação em mufla (Quimis, Q2342, Brasil) a 550°C . O teor de proteína foi determinado pelo método micro-Kjeldahl e a fibra alimentar total determinada pelo método gravimétrico não enzimático. Os lipídeos foram determinados por gravimetria após extração em éter etílico utilizando um extrator Soxhlet (Eletrothermo, 500WX, Brasil).

Os carboidratos foram estimados por diferença utilizando a equação: $100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ proteína} + \% \text{ fibra alimentar total} + \% \text{ de cinzas})$. O valor energético total foi estimado utilizando os fatores de conversão de $4 \text{ kcal}\cdot\text{g}$ de proteína ou carboidrato e $9 \text{ kcal}\cdot\text{g}$ de lipídio (Kathleen L. Mahan, 2005).

2.5 Determinação de carotenoides e vitaminas

Durante a extração e a análise de carotenoides e vitaminas da polpa de biribiri, as amostras e os extratos foram protegidos da luz, solar e artificial, utilizando vidro âmbar, folhas de alumínio e cortinas blackout. Os extratos foram protegidos do oxigênio utilizando frascos com tampas, com ambiente em nitrogênio.

2.5.1 Extração e análise de carotenoides

A ocorrência e o conteúdo de α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina foram investigados na polpa de biribiri. Os carotenoides foram extraídos de acordo com Rodriguez-Amaya et al. (1976), com modificações. Aproximadamente 5 g de polpa foram adicionados de 20 mL de acetona resfriada, homogeneizados em microtritador (Marconi, MA 102, Brasil) por 3 min e filtrados a vácuo utilizando um funil de Büchner e filtro de papel. Os procedimentos de extração e de filtração foram realizados mais duas vezes na polpa residual até a descoloração completa da amostra.

Posteriormente, o filtrado foi transferido em três frações para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo resfriado. Após a transferência de cada fração, água destilada foi adicionada para separação de fases (carotenoides em éter de petróleo e acetona em água). Após a separação, a fase inferior contendo água-acetona foi descartada e sulfato de sódio anidro foi adicionado ao extrato de éter de petróleo para remover a água residual. Posteriormente, o extrato foi concentrado utilizando um evaporador rotativo (Tecnal, TE-211, Brasil) a uma temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, e o volume foi completado para 10 mL com éter de petróleo.

Para análise, 10 mL do extrato foram evaporados com gás nitrogênio e o resíduo seco foi redissolvido em 2 mL de acetona grau CLAE (Tedia, Brasil). Os extratos foram filtrados através de unidades filtrantes com porosidade de 0,45 μm (Millipore, Brasil) e 50 μL foram injetados na coluna cromatográfica.

Os carotenoides foram analisados utilizando um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (Shimadzu, SC 10AT VP, Japão) composto de uma bomba de alta pressão (Shimadzu, LC-10AT VP, Japão), um amostrador automático com *loop* de 50 μL (Shimadzu, SIL-10AF, Japão) e um detector de arranjo de diodos (DAD) (Shimadzu, SPD-M10A, Japão). As condições

cromatográficas utilizadas foram desenvolvidas por Sant'Ana et al. (1998) as quais incluíram sistema CLAE-DAD com detecção a 450 nm, coluna cromatográfica Phenomenex Gemini RP18 (250 mm × 4,6 mm, 5 µm) equipada com uma coluna de guarda Phenomenex ODS (C18) (4 mm × 3 mm); fase móvel constituída de metanol: acetato de etila: acetonitrila (70:20:10, v / v / v), com fluxo de 1,7 mL·min⁻¹; tempo de corrida de 15 min.

2.5.2 Extração e análise de vitamina C

O conteúdo de ácido ascórbico (AA) foi investigado na polpa de biribiri utilizando os protocolos de extração e de análise propostos por Campos et al. (2009), com modificações. Para extração, cerca de 5 g de polpa foram homogeneizados por 3 min em 15 mL da solução de extração (3% de ácido metafosfórico, 8% de ácido acético, H₂SO₄ 0,3 N e 1 mM de EDTA). A suspensão obtida foi centrifugada (Fanem, Excelsa Baby II - 206R, Brasil) a 1789 g (15 min) e filtrada a vácuo em um funil de Büchner. O extrato foi completado para 25 mL com água ultrapura, centrifugado novamente a 1789 g (15 min) e armazenado sob refrigeração (5°C ± 1°C) até o momento da análise.

As análises de AA foram realizadas a partir da injeção de 50 µL do extrato previamente filtrado em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm. As condições cromatográficas descritas a seguir foram utilizadas: sistema CLAE-DAD, detecção a 245 nm; coluna cromatográfica RP-18 Synergi Hydro 100 (250 mm × 4 mm, 4 µm) equipada com uma coluna de guarda Phenomenex ODS (C18) (4 mm × 3 mm); fase móvel composta por água ultrapura contendo NaH₂PO₄, 1 mM de EDTA e ajustada para pH 3,0 com H₃PO₄; fluxo da fase móvel de 1,0 mL·min⁻¹; tempo de corrida de 7 min.

2.5.3 Extração e análise de vitamina E

A ocorrência e o conteúdo dos oito componentes da vitamina E (α, β, γ e δ-tocoferóis e tocotrienóis) foram investigados na polpa de biribiri. Os procedimentos de extração e de análise foram realizados de acordo com Pinheiro-Sant'Ana H.M. (2011), com algumas modificações. Aproximadamente 5 g de polpa foram adicionados a 4 mL de água ultrapura aquecida (cerca de 80°C ± 1°C), 10 mL de isopropanol, 1 mL de hexano contendo 0,05% de butil-hidroxitolueno, 5 g de sulfato de sódio anidro e 25 mL de mistura solvente de extração (hexano: acetato de etila, 85:15, v/v). Após este procedimento, a

suspensão foi homogeneizada (1 min) em microtritador e filtrada a vácuo em um funil de Büchner com filtro de papel. A etapa de extração foi repetida adicionando 5 mL de isopropanol e 30 mL da mistura de solventes, com subsequente homogeneização e filtração a vácuo. Então, o extrato foi concentrado em um evaporador rotativo (Quimis, Q201, Brasil) a $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e o volume foi completado para 25 mL com a mistura de solventes.

Após a extração, o extrato (25 mL) foi completamente seco e ressuspendido em 10 mL de hexano. As análises dos componentes da vitamina E foram realizadas injetando 50 μL do extrato em um sistema de CLAE (Shimadzu, SCL 10AD VP, Japão) composto por uma bomba de alta pressão (Shimadzu, LC-10AD VP, Japão), um amostrador automático com loop de 50 μL (Shimadzu, SIL-10AF, Japão), um detector de fluorescência (Shimadzu, RF10AXL, Japão) e um sistema de desgaseificação da fase móvel com gás hélio (Shimadzu, DGU-2A, Japão). As condições cromatográficas utilizadas para as análises incluíram um sistema CLAE com detector de fluorescência (excitação a 290 nm e emissão a 330 nm) coluna de cromatografia Phenomenex Luna SI100 (250 mm \times 4 mm, 5 μm) equipada com uma coluna de guarda Phenomenex SI100 (4 mm \times 3 mm), fase móvel composta de hexano: isopropanol: ácido acético glacial (98,9: 0,6: 0,5, v / v / v); fluxo de fase móvel de 1 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$; tempo de corrida de 20 min.

2.5.4 Identificação e quantificação dos carotenoides e vitaminas

A identificação dos carotenoides e vitaminas foi realizada comparando os tempos de retenção obtidos para os padrões e as amostras analisadas nas mesmas condições. Além disso, o ácido ascórbico e os carotenoides foram identificados pela comparação dos espectros de absorção para o padrão e os picos de interesse nas amostras, usando o DAD. Os componentes da vitamina E foram identificados por co-cromatografia.

Para a quantificação das vitaminas, foram utilizadas curvas de padronização externa construídas a partir de injeção, em duplicata, de seis soluções padrão com concentrações variando de 0,0589 a 5,8800 mg para ácido ascórbico (1,02 a 104,21 ng) para o α -tocoferol (2,01 a 204,12 ng) para o α -tocotrienol (2,22 a 107,60 ng) para o γ -tocoferol e (3,21 a 157,60 ng) para o γ -tocotrienol. Assim, houve uma correlação linear entre as áreas de pico e as

concentrações de cada composto injetado. A quantificação dos compostos foi realizada a partir das curvas de calibração e equações de regressão com R^2 superiores a 0,997. A concentração final foi obtida por cálculos corrigidos para as diluições e concentrações realizadas durante os procedimentos de extração e análise.

2.6 Determinação de minerais e oligoelementos

A digestão ácida da amostra foi realizada de acordo com (Ekholm P., 2007), utilizando materiais e vidrarias previamente desmineralizadas. Aproximadamente 1 g da amostra liofilizada foi transferida para um tubo de digestão e 10 mL de ácido nítrico foram adicionados. A mistura foi mantida em temperatura ambiente durante 24 horas e, depois, aquecida a 50°C durante 6 horas e 120°C durante 14 horas. Os tubos foram então arrefecidos até a temperatura ambiente (22°C a 25°C) e o volume da solução foi completado para 25 mL com água deionizada. Três amostras de tubos sem frutos (em branco) foram preparadas utilizando as mesmas condições descritas acima.

O conteúdo de minerais e dos oligoelementos foi analisado por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (Optima 3300 DV, Perkin Elmer, E.U.A.). Os componentes nas amostras foram quantificados usando padrões externos que consistem em soluções padrão multi-elementos. As curvas analíticas, com R^2 superior a 0,982, foram obtidas a partir da análise de seis soluções com diferentes concentrações.

2.7 Cálculo do potencial da polpa de biribiri como fonte de vitaminas e minerais

O potencial do biribiri para suprir a Recommended Dietary Allowance (RDA) (Renata Maria Padovani, 2006; Trumbo et al., 2001) de homens adultos com idade entre 19 e 30 anos foram calculadas (Trumbo et al., 2001). Para isso, considerou-se uma porção de biribiri contendo 70 kcal, conforme recomendado no Guia Alimentar para a População Brasileira (Philippi, 2008).

O biribiri foi classificado como “fonte” de um nutriente ao suprir de 5 a 10% da sua RDA, “boa fonte” ao suprir 10 a 20% da RDA e “excelente fonte” ao fornecer mais de 20% da RDA (Philippi, 2008).

2.8 Delineamento experimental e análise dos dados

Todas as análises químicas foram realizadas em três repetições. A estatística descritiva (médias, desvios padrão e intervalo de parâmetros) foi realizada para cada parâmetro. Para avaliar a faixa de linearidade dos padrões analíticos de carotenoides, vitaminas e minerais, os dados obtidos após a análise (áreas de picos ou absorbâncias) e as concentrações de cada composto foram utilizadas para análise de regressão linear e para o cálculo do coeficiente de determinação (R^2). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização física

Os frutos de biribiri analisados neste estudo podem ser descritos como bagas de formato alongado, casca fina, com textura cerosa, de coloração brilhante verde-amarelado. Em seu interior, o fruto apresentou uma polpa branca, ligeiramente translúcida, gelatinosa e succulenta e poucas sementes de coloração castanha, elípticas e achatadas (Figura I).



Figura I – Representação gráfica de frutos do biribiri (*Averrhoa bilimbi*)

Os frutos apresentaram, em média, 8,2 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro, com elevada amplitude destes parâmetros (de 5,2 a 11,2 cm e de 2,2 a 3,1 cm, respectivamente). A massa média dos frutos, que inclui a casca, a polpa e as sementes, foi 28,9 g (de 22,1 g a 32,5 g) (Tabela I). Apesar de ser relativamente pequeno, o biribiri é um fruto totalmente comestível, ou seja, possui um alto rendimento, o que facilita sua utilização integral na culinária diária (Storck et al., 2013). De forma geral, os frutos brasileiros do Médio Rio Doce apresentaram dimensões e massa, no mínimo, 25% maiores que frutos maduros colhidos na Índia (Bhaskar and Shantaram, 2013) (4,9 cm x 2,0 cm e 10,4 g).

A elevada variabilidade nos aspectos físicos dos frutos de biribiri analisados neste estudo, bem como, as diferenças em relação ao relatado na literatura científica era esperada. De forma geral, os frutos de biribiri crescem naturalmente no meio ambiente, ou seja, sem a interferência antrópica e padronização quanto às técnicas de cultivo (Santos et al., 2014). Assim, sem a

influência humana, as condições edafoclimáticas dos locais do cultivo podem exercer um efeito mais evidente durante o desenvolvimento do fruto, resultando assim em uma maior variabilidade nas características (Lima et al., 2001). Em decorrência destas interferências, destaca-se que os frutos analisados nasceram espontaneamente em um quintal e se desenvolveram por meio de técnicas agroecológicas, baseadas em práticas de manejo sustentável, respeito à diversidade de cultivos, utilização de caldas alternativas para controle insetos, compostagem, biofertilizantes, uso de cinzas e esterco e com ausência de insumos químicos.

Tabela I: Características físicas de biribiri (*Averrhoa bilimbi*) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil). ^{a, b}

Parâmetros	Diâmetro	Comprimento (cm)	Massa (g)
Média ± DP	2,5 ± 0,3	8,2 ± 1,3	28,9 ± 2,4
Mínimo	2,2	5,2	22,1
Máximo	3,1	11,2	32,5

^a Valores são expressos em matéria fresca. ^b Média de três repetições ± desvio padrão de 30 frutos

Os quintais agroflorestais representam unidades agrícolas de uso tradicional do solo e são considerados uma das formas mais antigas de uso da terra, promovendo a sustentabilidade para milhões de pessoas no mundo. Sua principal finalidade é a produção de alimento para complementação da dieta familiar utilizando práticas de manejo ecologicamente sustentáveis. Uma alta diversidade de espécies, com múltiplas finalidades, é cultivada nos quintais, tais como plantas usadas para construção, combustível, artesanato, ornamental, sombra, fibra, religião e medicina (Flotentino et al., 2007). Assim, estes quintais, possuem elevada importância para a promoção da soberania alimentar e para a conservação da agrobiodiversidade na agricultura familiar, possibilitando o acesso a uma variedade de espécies pouco comuns no mercado convencional como as PANCs, como o próprio biribiri.

3.2 Características químicas

A polpa de biribiri apresentou baixo teor de sólidos solúveis e pH; e elevada acidez titulável. O pH da polpa foi inferior ao de frutos reconhecidamente ácidos pela população, tais como o limão (1,86), a acerola (2,95) e o maracujá

(2,69)(Bezerra Neto and Barreto, 2004). A acidez dos frutos coletados no Médio Rio Doce variou dentro da faixa observada por outros autores (Semi-maduros: 1,15; maduros: 1,66) (Araújo et al., 2009). O sabor ácido da polpa é uma característica marcante do biribiri e que influencia fortemente a sua utilização na alimentação humana. Devido a isso, o consumo *in natura* do fruto é reduzido, sendo o fruto utilizado em substituição ao limão no tempero de carnes e peixes ou na produção de conservas, geleias, doces, sucos, compotas, licores e vinagre (Souza et al., 2009).

Os frutos de biribiri analisados neste estudo apresentaram umidade elevada (93,2%) e dentro da faixa observada em outros estudos (93,61%, e 95,7%) (Pessoa, 2017; Souza et al., 2011). A elevada umidade contribui para uma menor vida de prateleira do biribiri quando armazenado em temperatura ambiente, por aumentar a sua perecibilidade e a suscetibilidade a microrganismos deteriorantes (Hubert et al., 2019). Desta forma, o biribiri necessita ser consumido logo após a colheita, ou ainda, submetido à refrigeração ou congelamento para conservação.

Tabela II. Características químicas e valor energético total em biribiri (*Averrhoa bilimbi*) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil).

Parâmetros	Conteúdo^{a, b}
Sólidos solúveis (°Brix)	3,2 ± 0,9
Acidez Titulável (g ácido cítrico/100g)	1,3 ± 0,2
pH	1,5 ± 0,1
Umidade (g/100g)	93,2 ± 0,6
Proteína (g/100g)	0,71 ± 0,1
Lipídeos (g/100g)	0,32 ± 0,1
Cinzas (g/100g)	0,24 ± 0,1
Fibra dietética total (g/100g)	0,62 ± 0,2
Carboidratos disponíveis (g/100g)	4,91 ± 0,5
Valor energético total (kcal/100g)	25,36 ± 2,4

^a Valores são expressos em matéria fresca. ^b Média de três repetições ± desvio padrão.

A polpa analisada apresentou baixo teor de lipídeos, proteínas e carboidratos e, devido a isso, baixo valor energético total. A fruta também apresentou baixo teor de fibra alimentar total. Apesar do valor calórico similar, os frutos do Vale do Rio Doce apresentaram composição de macronutrientes

diferente, com mais carboidratos e menos proteínas e lipídeos que a observada em frutos do município brasileiro de Cacoal (Rondônia) (Virgolin et al., 2017).

3.3 Carotenoides e vitaminas

Dos carotenoides pesquisados, o β -caroteno (0,16 mg) e a β -criptoxantina (0,16 mg) foram identificados na polpa de biribiri, em igual proporção. O conteúdo de β -caroteno foi semelhante ao observado em frutos de Cacoal (0,12 mg) (Rondônia, Brasil) (Virgolin et al., 2017), entretanto, aproximadamente 5 vezes superior ao resultado obtido em frutos coletados em Fraser Town (0,031 mg), (Bangalore, Índia) (Peris et al., 2013). Os dois estudos citados acima, não realizaram análise de β -criptoxantina em frutos de biribiri.

Informações sobre a presença e conteúdo de α -criptoxantina, β -criptoxantina e licopeno não estão disponíveis na literatura. Ressalta-se que o conteúdo total de carotenoides totais no biribiri foi baixo porém superior ao observado em carambola (0,022 mg/100g), fruto da mesma família deste (Gross et al., 1983).

A polpa de biribiri apresentou alto conteúdo de vitamina C, presente no fruto exclusivamente na forma ácido ascórbico (Tabela III). Este teor foi superior ao de frutos semi-maduros colhidos no município de Areia, no estado brasileiro da Paraíba (41,69 mg/100g) (Araújo et al., 2009) e também superior em quatro vezes aos frutos colhidos em Cacoal, no estado brasileiro de Rondônia (9,92 mg/100g) (Virgolin et al., 2017). Estas variações podem ser justificadas por fatores como a localização dos plantios, aos diferentes tratamentos culturais e aos tipos de solo (Andrade et al., 2008).

O biribiri apresentou teor de vitamina C mais alto que a laranja (38,2 mg/100g) e o limão (31,0 mg/100g) (UNICAMP, 2011), as quais são popularmente reconhecidas como fonte deste micronutriente. Classificada como uma excelente fonte de vitamina C, uma porção de biribiri (270 g) é capaz de suprir 142,5% da recomendação diária desta vitamina para homens adultos (19-30 anos) (90 mg/dia).

Tabela III. Teor de carotenoides e vitaminas em biribiri (*Averrhoa bilimbi*) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil).

Parâmetros	Conteúdo ^{a, b}
Carotenoides totais (mg/100g)	0,32 ± 0,02
β-caroteno	0,16 ± 0,02
β-criptoxantina	0,16 ± 0,02
Total vitamina C (mg/100g)	47,59 ± 3,88
Ácido Ascórbico	47,59 ± 3,88
Ácido Desidroascórbico	nd
Total Vitamina E (µg/100g)	17,62 ± 0,51
α-tocoferol	12,29 ± 0,51
α-tocotrienol	5,33 ± 0,00
β-tocoferol	nd
B-tocotrienol	nd
γ-tocoferol	nd
γ-tocotrienol	nd
δ-tocoferol	nd
δ-tocotrienol	nd

^a Valores são expressos em matéria fresca. ^b Média de três repetições ± desvio padrão. nd: não detectado.

Apenas dois dos oito componentes da vitamina E foram identificados na polpa de biribiri (α-tocoferol, 69,75%; α-tocotrienol, 30,25%). Estudos sobre o perfil completo dos homólogos da vitamina E em biribiri estão indisponíveis. Em estudo com frutos de Serdan, Selangor, Malásia, foi constatado que, similar ao presente estudo, o biribiri apresentou apenas α-tocoferol, entre os quatro tocoferóis possíveis (Zainudin et al., 2014).

Informações sobre o teor de vitamina E da polpa de biribiri são escassas, o que reforça a importância de avaliar sua presença no fruto. O conteúdo de vitamina E na polpa de biribiri de Minas Gerais foi baixo, porém, duas vezes maior que o observado em biribiri cultivado na Malásia e seis vezes maior que o identificado em carambola do mesmo país (Yan et al., 2013). Devido ao conteúdo reduzido, o consumo de 100 g da biribiri pode suprir apenas 0,22% das recomendações de vitamina E para homens adultos (19-30 anos) (1500 µg/dia).

3.4 Minerais

A polpa de biribiri foi considerada uma boa fonte de zinco e cobre e uma excelente fonte de ferro, manganês, molibdênio e cromo (Tabela IV). Os conteúdos de magnésio, cálcio e potássio foram de duas a seis vezes menores que o observado em frutos colhidos em Kolhapur, na Índia (11,16 mg/100g; 20,14 mg/100g; 47,12 mg/100g, respectivamente) (Dangat et al., 2014). Os frutos

analisados neste estudo apresentaram ainda menores conteúdos de cobre e sódio que frutos asiáticos (Bhaskar and Shantaram, 2013).

Tabela IV. Conteúdo mineral e contribuição potencial da polpa em biribiri (*Averrhoa bilimbi*) cultivados em Governador Valadares (Minas Gerais, Brasil) para o fornecimento de recomendações diárias de minerais para homens adultos.

Minerais	Conteúdo ^a (mg/100g)	Conteúdo por porção (mg/270g)	Adequação da ingestão (%) ^b
			Homens adultos
Ca	6,32 ± 0,14	17,44	1,74
Fe	3,21 ± 0,27	8,86	68,16
Mg	5,25 ± 0,92	14,49	4,08
Mn	0,25 ± 0,00	0,69	33,66
Se	0,00 ± 0,00	0,00	0,00
Cu	0,041 ± 0,01	0,11	12,57
Mo	0,005 ± 0,01	0,01	30,67
Zn	0,04 ± 0,02	1,10	11,62
Na	5,3 ± 0,12	14,63	0,98
K	7,42 ± 0,69	20,48	0,44
Cr	0,003 ± 0,01	0,01	27,60
Al	Trace	-	-
Cd	0,00 ± 0,00	0,01	-
Ni	Trace	-	-

^aMédia de três repetições ± desvio padrão; ^bcalculado com base nas respectivas recomendações do Instituto de Medicina dos EUA (Trumbo et al., 2001)

O biribiri do Médio Rio Doce apresentou maiores conteúdos de cobre (2,17⁻⁴ mg/100g), ferro (0,103 mg/100g), manganês (1,54⁻⁴ mg/100), molibdênio (1,24⁻⁴ mg/100g) e zinco (0,079 mg/100g), que biribiri da Ásia (Dangat et al., 2014). Além disso, os frutos analisados no presente estudo apresentaram mais sódio (2,1 mg/100g) e menos potássio (103,03 mg/100g) que biribiri da Ásia, os quais não possuíam selênio, mineral também não identificado nos frutos do Médio Rio Doce (Bhaskar and Shantaram, 2013).

A ampla variação nos conteúdos de minerais, obtidos neste e em outros estudos científicos, pode ser justificada pela influência de fatores genéticos e edafoclimáticos dos locais do cultivo, e da presença de base agroecológica, sendo estes isentos de aditivos químicos. Além destes fatores, o fato de os frutos analisados neste estudo cresceram naturalmente no meio ambiente, ou seja,

sem a interferência antrópica e padronização quanto às técnicas de cultivo (Lima et al., 2001; Santos et al., 2014).

A polpa de biribiri do Médio Rio Doce não apresentou cádmio e apresentou traços de alumínio e de níquel. A presença de níquel em frutos de biribiri também foi constatada em frutos coletados em um distrito da Índia ($1,6^{-3}$ mg/100g) (Soumya and Nair, 2016). A diferença apresentada entre os níveis de níquel observadas nos estudos, apesar de baixa, pode decorrer da contaminação do solo e da água por este metal pesado, o qual é absorvido pelas plantas por meio do sistema radiculares (Soumya and Nair, 2016) .

4 CONCLUSÃO

Os frutos de biribiri da agricultura familiar do território médio rio doce (Minas Gerais) apresentaram alto rendimento de polpa, baixo valor energético total e teor de fibra alimentar. A polpa de biribiri apresentou baixo teor de sólidos solúveis e pH; e elevada acidez titulável. O biribiri mostrou ser uma excelente fonte de vitamina C, de ferro, manganês, molibdênio e cromo, além de ser uma boa fonte de zinco e cobre. Os frutos apresentaram baixo conteúdo de metais pesados, com ausência de cádmio e traços de alumínio e níquel.

O biribiri caracterizou-se, portanto, como um fruto com grande potencial para a promoção da segurança e soberania alimentar da agricultura familiar e para conservação da agrobiodiversidade. Ainda se faz necessário a realização de estudos sobre os fatores antinutricionais presentes no biribiri, como, por exemplo ácido oxálico o qual está presente em frutos pertencentes à família das Oxalidaceae.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhassan, A.M., and Ahmed, Q.U. (2016). Averrhoa bilimbi Linn.: A review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of pharmacy & bioallied sciences* 8, 265.
- Ambili, S., Subramoniam, A., and Nagarajan, N.S. (2009). Studies on the antihyperlipidemic properties of Averrhoa bilimbi fruit in rats. *Planta medica* 75, 55-58.
- Andrade, A.P.S.d., Oliveira, V.H.d.E.A.T., Innecco, R., and Silva, E.d.O.E.A.T. (2008). Qualidade de cajus-de-mesa obtidos nos sistemas de produção integrada e convencional. *Revista Brasileira de Fruticultura*.
- Araújo, E.R., Alves, L.I.F., do Rêgo, E.R., do Rêgo, M.M., de Castro, J.P., and da Costa Sapucay, M.J.L. (2009). Caracterização físico-química de frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.). *Biotemas* 22, 225-230.
- Ariharan, V., Kalirajan, K., Meena Devi, V., and Prasad, N. (2012). An exotic fruit which forms the new natural source for vitamin-C. *Rasayan J Chem* 5, 356-359.
- Bezerra Neto, E., and Barreto, L. (2004). Métodos de análises químicas em plantas. Recife: uFRPE, 165.
- Bhaskar, B., and Shantaram, M. (2013). Morphological and biochemical characteristics of Averrhoa fruits. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences* 3, 924-928.
- Campos, F.M., Ribeiro, S.M.R., Della Lucia, C.M., Pinheiro-Sant'Ana, H.M., and Stringheta, P.C. (2009). Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. *Quimica Nova* 32, 87-91.
- Dangat, B.T., Shinde, A.A., Jagtap, D.N., Desai, V.R., Shinde, P.B., and Gurav, R.V. (2014). Mineral analysis of Averrhoa bilimbi L. A potential fruit. *Asian J Pharm Clin Res* 7.
- Ekholm P., R.H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Hellström J., Ovaskainen M. L. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland.
- Florentino, A. T. N., Araújo, E. D. L., and Albuquerque, U. D. (2007). Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. *Acta botanica brasílica*, 21(1), 37-47.
- Gross, J., Ikan, R., and Eckhardt, G. (1983). Carotenoids of the fruit of Averrhoa carambola. *Phytochemistry* 22, 1479-1481.
- Horwitz, W. (2000). Official methods of analysis of association of official analytical chemists international (Association of Official Analytical Chemists International).
- Hubert, G., Hubert, G.E., Defendi, E.A., Goetten, T.B.V., da Silva Ayres, G.B., and Morais, M.M. (2019). Influência das condições de secagem na umidade do abacaxi pérola (*Ananás Comosus* (L.) Merrill). *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão* 10.

Istiqamah, A., Lioe, H.N., and Adawiyah, D.R. (2019). Umami compounds present in low molecular umami fractions of asam sunti—A fermented fruit of *Averrhoa bilimbi* L. *Food chemistry* 270, 338-343.

Kathleen L. Mahan, S.E.-S. (2005). Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia.

Kumar, K.A., Gousia, S., Anupama, M., and Latha, J.N.L. (2013). A review on phytochemical constituents and biological assays of *Averrhoa bilimbi*. *Int J Pharm Pharm Sci Res* 3, 136-139.

Lima, V.L.A.G.D., Mélo, E.d.A., and Lima, S. (2001). Physicochemical characteristics of bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 23, 421-423.

Lutz, I.A. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020.

Maidana, R., Ferrucci, M., and Dematteis, M. (2005). Las especies de la familia Oxalidaceae del Parque Nacional Mburucuyá. Universidad Nacional del Nordeste—Comunicaciones Científicas y Tecnológicas B-045.

Miean, K.H., and Mohamed, S. (2001). Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *Journal of agricultural and food chemistry* 49, 3106-3112.

Mokhtar, S.I., and Aziz, N.A.A. (2016). Antimicrobial Properties of *Averrhoa bilimbi* Extracts at Different Maturity Stages. *J Med Microb Diagn* 5, 2161-0703.1000233.

Muhamad, N., Yusoff, M., and Gim bun, J. (2015). Thermal degradation kinetics of nicotinic acid, pantothenic acid and catechin derived from *Averrhoa bilimbi* fruits. *RSC Advances* 5, 74132-74137.

Peris, C., Singh, K., and D'souza, M. (2013). Nutritional and biochemical evaluation of *Averrhoa bilimbi* L. Bangalore: *Archives of Pharmacy and Biological Sciences* 1, 58-62.

Pessoa, E.N. (2017). Caracterização físico-química, polifenóis e atividade antioxidante nos frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.).

Philippi, S.T. (2008). Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição (Editora Manole).

Pinheiro-Sant'Ana H.M., G.M., Oliveira D.d.S., Della Lucia C.M., Reis B.D.L., Brandão S.C.C. (2011). Method for simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in various foods by high performance liquid chromatography and fluorescence detection, *J. Chromatogr.*

Ramsay, A., and Mueller-Harvey, I. (2016). Procyanidins from *Averrhoa bilimbi* fruits and leaves. *Journal of Food Composition and Analysis* 47, 16-20.

Renata Maria Padovani, J.A.-F., Fernando Antonio Basile Colugnat, Semíramis Martins Álvares Domene (2006). Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. *Rev Nutr, Campinas*, 741-760.

- Rodriguez-Amaya, D., Raymundo, L., Lee, T., Simpson, K., and Chichester, C. (1976). Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. *Ann Bot* 40, 615-624.
- Sant'Ana, H.M.P., Stringheta, P.C., Brandão, S.C.C., and de Azeredo, R.M.C. (1998). Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chemistry* 61, 145-151.
- Santos, H.H.D., Matos, V.P., da Costa Albuquerque, A.P., de Moura Sena, L.H., and de Sousa Ferreira, E.G.B. (2014). Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Averrhoa bilimbi* L. oriundas de dois estágios de maturação. *Ciência Rural* 44, 1995-2002.
- Soumya, S., and Nair, B.R. (2016). Assessment of heavy metals in *Averrhoa bilimbi* and *A. carambola* fruit samples at two developmental stages. *Environmental monitoring and assessment* 188, 291.
- Souza, L., Silva, G., Moraes, T., and Barreto, L. (2009). Caracterização físico-química do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L). Apresentado e publicado nos anais da IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE Recife.
- Souza, P.d., Senhor, R.F., Costa, F.d., Freitas, R.d.S., and Silva, M. (2011). Caracterização físico-química de frutos de bilimbí (*Averrhoa bilimbi* L.) produzidos no estado do RN. *Revista Verde* 6, 270-273.
- Storck, C.R., Nunes, G.L., de Oliveira, B.B., and Basso, C. (2013). Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. *Ciência Rural* 43, 537-543.
- Trumbo, P., Yates, A.A., Schlicker, S., and Poos, M. (2001). Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 101, 294.
- UNICAMP, N. (2011). Tabela brasileira de composição de alimentos–TACO (UNICAMP; NEPA Campinas).
- Virgolin, L.B., Seixas, F.R.F., and Janzantti, N.S. (2017). Composição, teor de compostos bioativos e atividade antioxidante de polpas de frutas do bioma Amazônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52, 933-941.
- Yan, S.W., Ramasamy, R., Alitheen, N.B.M., and Rahmat, A. (2013). A comparative assessment of nutritional composition, total phenolic, total flavonoid, antioxidant capacity, and antioxidant vitamins of two types of Malaysian underutilized fruits (*Averrhoa bilimbi* and *Averrhoa carambola*). *International journal of food properties* 16, 1231-1244.
- Zainudin, M.A.M., Hamid, A.A., Anwar, F., Osman, A., and Saari, N. (2014). Variation of bioactive compounds and antioxidant activity of *carambola* (*Averrhoa carambola* L.) fruit at different ripening stages. *Scientia Horticulturae* 172, 325-331.