

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 23/06/2019.

Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição

LETÍCIA PUPIN

**Como as etapas do processamento dos frutos de
juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a
bioacessibilidade dos micronutrientes?**

Araraquara - SP
2017

LETÍCIA PUPIN

**Como as etapas do processamento dos frutos de
juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a
bioacessibilidade dos micronutrientes?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de
Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciências dos Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique de Almeida
Teixeira

Coorientadora: Prof^a Dr^a Vivian da Silva Santos

**Araraquara - SP
2017**

Ficha Catalográfica

Elaborada por Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

P984c Pupin, Letícia
Como as etapas do processamento dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos micronutrientes? / Letícia Pupin. – Araraquara, 2017.
84 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição.
Área de Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências dos Alimentos.

Orientador: Gustavo Henrique de Almeida Teixeira.
Coorientadora: Vivian da Silva Santos.

1. ICP-OES. 2. Ca. 3. Mg. 4. Fe. 5. Mn. 6. Cu. 7. Zn. 8. Palmito juçara. I. Teixeira, Gustavo Henrique de Almeida, orient. II. Santos, Vivian da Silva, coorient. III. Título.

CAPES: 50700006

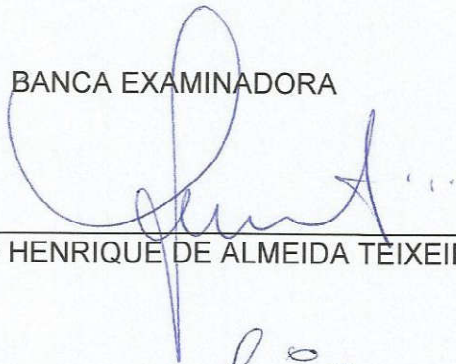
LETÍCIA PUPIN

Como as etapas do processamento dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos micronutrientes?

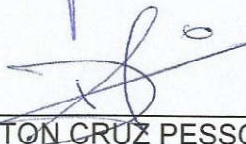
Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Araraquara como requisito para a obtenção do título de Mestre(a) em Alimentos e Nutrição

Araraquara, 23 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA



GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA TEIXEIRA



JOSÉ DALTON CRUZ PESSOA



JOSÉ FERNANDO DURIGAN

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, à minha família e aos amigos
que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, o autor e consumidor da minha vida, o qual me permitiu a realização deste sonho.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCFAR), Campus de Araraquara, ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição pela oportunidade. Aos excelentes docentes, funcionários e instalações físicas que contribuíram para o melhor aproveitamento dessa tão importante fase.

Ao meu orientador Gustavo e Coorientadora Vívian, que acreditaram no sucesso desse tema e me ajudaram na elaboração deste sonho.

À minha família, que sempre acreditou, apoiou e nunca mediu esforços para me ajudar a chegar onde cheguei, sempre me dando exemplos e palavras de incentivo quando pensei que não conseguiria.

Ao meu namorado Raphael que no meio dessa fase já entrou em minha vida com o propósito de me ajudar a melhorar quem sou em todas as áreas.

Aos meus amigos, tanto do Campus de Araraquara, quanto os de Jaboticabal, sem esquecer os de Brasília, pois esses Anjos que Deus nos apresenta foram cruciais para a execução do trabalho, além de me gerar memórias de companheirismo, alegria e solidariedade que levarei por toda vida.

À toda equipe dos vários laboratórios que passei pela ajuda, instrução, empréstimo de equipamentos, carona (essa foi para o Senhor Orlando do LANA e o Senhor Edson, motorista de Araraquara), etc.

E por fim, aos gestores das escolas onde trabalhei que sempre me apoiaram e permitiram o ajuste de horários para que eu conseguisse dar andamento no projeto sossegadamente.

“Eu gosto do impossível porque lá a concorrência é menor.”

Walt Disney

Resumo: O palmitero juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é endêmico do bioma conhecido por Mata Atlântica, sendo seus frutos semelhantes ao do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), porém mais ricos em antocianinas e em alguns elementos químicos, o que os tornam um importante produto para a alimentação das comunidades tradicionais. Todavia, durante o processamento, os frutos passam por diferentes etapas para a extração de sua polpa, o que podem afetar a bioacessibilidade dos micronutrientes. **Objetivos:** O objetivo geral deste trabalho foi verificar a bioacessibilidade de micronutrientes no mesocarpo dos frutos e polpa de juçara e, por objetivos específicos: *i.* verificar o efeito das diferentes etapas do processamento na bioacessibilidade dos micronutrientes presentes no mesocarpo dos frutos e polpa de juçara *ii.* determinar a bioacessibilidade *in vitro* dos micronutrientes pelo método da digestão gastrointestinal (IVG) seguida de análise por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Métodos:** Em cada etapa do processamento foi colhido o mesocarpo dos frutos e/ou polpa para a determinação da bioacessibilidade dos micronutrientes utilizando o método da digestão gastrointestinal *in vitro* (IVG). Os elementos cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) foram determinados por ICP-OES. O experimento foi conduzido segundo um delineamento em blocos casualizado (DBC), onde os blocos foram constituídos pelas origens (Ubatuba I, Ubatuba II, Jaboticabal I, Jaboticabal II e Américo Brasiliense) com quatro tratamentos (*i.* frutos frescos, *ii.* frutos depois de lavados, *iii.* frutos depois da embebição, *iv.* polpa recém processada congelada). **Resultados:** Não foi possível determinar a bioacessibilidade do Ca e Zn. A bioacessibilidade dos minerais Mg, Mn, Cu e Fe diminuiu nas diferentes etapas de processamento. **Conclusão:** O processamento dos frutos de juçara afeta o teor de minerais e a bioacessibilidade dos mesmos, tendo sido observado um aumento expressivo no teor de macro e microelementos após o despulpamento. Foi possível determinar a bioacessibilidade de alguns minerais com exceção do Ca e Zn. O consumo de 200 mL de polpa de juçara se mostrou apropriado para o fornecimento de parte da ingestão recomendada de nutrientes (RDA) dos microelementos estudados, contudo o teor de Zn mesmo estando acima deste parâmetro para crianças de 1 a 3 anos, não ultrapassou o nível de ingestão máxima tolerada (UL), deste modo não causará danos à saúde das mesmas.

Palavras-Chave: ICP-OES. Ca. Mg. Fe. Mn. Cu e Zn.

Abstract: Juçara palm tree (*Euterpe edulis* Mart.) is endemic from a biome know as Atlantic Forest, and its fruit are similar to açai (*Euterpe oleracea* Mart.), but richer in anthocyanin and chemical elements, which make them a important food produce for the local population. However, during its processing, the fruit are subjected to different unit operation to extract their pulp and it can affect the chemical elements biaccessibility. **Objectives:** The general object of this study was to verify the chemical elements bioaccessibility in fruit and juçara pulp and, the specific objectives were: i. verify if the different unit operations affect the chemical elements bioaccessibility, and ii. determine the *in vitro* chemical elements bioaccessibility using the *in vitro* gastrointestinal method (IVG) followed by ICP-OES determination. **Methods:** For each unit operation during juçara processing fruit and/or pulp were collected to determine the chemical elements bioaccessibility using the *in vitro* gastrointestinal method (IVG). It was determined the chemical elements Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn using Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). The experiment was conducted according to randomized complete blocks design (CBD), where the blocks were constituted by the origins (Ubatuba I, Ubatuba II, Jaboticabal I, Jaboticabal II and Américo Brasiliense) with four treatments (*i.* fresh harvested fruits, *ii.* fruits which were washed, *iii.* fruits after softened in water, *iv.* processed pulp). **Results:** It was not possible to determine the bioaccessibility of Ca and Zn. The chemical elements Mg, Mn, Cu, and Fe bioaccessibility reduced during processing. **Conclusion:** Juçara fruit processing affected the content and bioaccessibility of the chemical elements, and it was observed a sharp increment in the content of macro and microelements after pulp extraction. It was possible to determine the chemical elements bioaccessibility with exception of K, Ca, and Zn. The consumption of 200 mL of juçara pulp showed to be appropriate to supply part of the recommended daily allowance (RDA) of the studied microelements, however the Zn content even above the of the required for children from 1 to 3 year old, it did not surpassed the maximum tolerate ingestion (UL). Therefore, health problems will not be observed

Key-words: ICP-OES. Ca. Mg. Fe. Mn. Cu and Zn.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

°C - graus centígrados

µg - micrograma

AAS - espectrometria de absorção atômica

ANOVA - Análise de Variância

BJN - *British Journal of Nutrition*

Ca - cálcio

CaCl - cloreto de cálcio

Ce - cério

Cm - centímetros

Co - cobalto

Cu - cobre

DIN - Modelo estático gastrointestinal

DRI - ingestão diária de nutrientes (do inglês *Dietary Reference Intake*)

EUA - Estados Unidos da América

Fc - Fator de correção

FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

Fe - ferro

G - grama

Ha - hectare

HCl - ácido clorídrico

HNO₃ - Ácido nítrico

HClO₄ - Ácido perclórico

Hr - hora

ICP- MS - espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado

ICP- OES - espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IPEMA - Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica

IVG - método de digestão gastrointestinal

K - potássio

KCl - cloreto de potássio

Kg - quilograma

L - litro

La - lantânio

LANA - Laboratório de Nutrição Animal

LDL - Lipoproteína de baixa densidade (do inglês *Low Density Lipoprotein*)

M - metro

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

Min. - minutos

Mg - magnésio

mg - miligrama

ml - mililitros

mm - milímetro

MMA - Ministério do Meio Ambiente

Mmol - minimolar

Mn - manganês

MS - matéria seca

N - normal

Na - sódio

NaCl - cloreto de sódio

NaHCO₃ - bicarbonato de sódio

NaOH - hidróxido de sódio

Nd - neodímio

Nº - número

ONG - Organização Não Governamental

PBET - Teste de extração baseado na fisiologia

PH - potencial hidrogeniônico

PIQ - Padrão de Identidade e Qualidade

RDA - ingestão recomendada de nutrientes (do inglês *Recommended Dietary Allowances*)

Rpm - rotação por minuto

SBET - Teste simples de bioacessibilidade por extração

Se - Selênio

SSC - teor de sólidos solúveis do inglês "*Soluble solids content*"

Sm - Samário

SP - São Paulo

TA - acidez titulável do inglês "*Titrateable acidity*"

Th - Tório

UL- Nível de ingestão máxima (do inglês "*Tolerable Upper Intake Level*")

UNESP - Universidade do Estado de São Paulo

USP- Universidade de São Paulo

Var.- variedade

Zn - zinco

Lista de Tabelas e Quadros

Capítulo 1	Página
Tabela 1 Composição química de 100 g.mL ⁻¹ de polpa de juçara seca	14
Capítulo 2	
Table 1 Instrumental parameters used in the inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES)	62
Table 2 Physicochemical results found in the mesocarp and juçara pulp (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	63
Table 3 Macro and microelements of the mesocarp and pulp of the juçara fruit (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	64
Table 4 Contribution of the consumption of a juçara pulp 200 mL glass to the Recommended Dietary Allowances [†] of calcium (Ca), magnesium (Mg), manganese (Mn), zinc (Zn), copper (Cu) and iron (Fe)	65

Lista de Figuras

Capítulo 1	Página
Figura 1 Fluxograma das etapas de processamento de frutos de juçara (<i>Euterpe edulis</i> Mart.)	11
 Capítulo 2	
Figure 1 Schematic representation of the <i>in vitro</i> gastrointestinal digestion method (IVG)	56
Figure 2 Calcium (Ca) (A) and magnesium (Mg) (B) contents observed in the mesocarp and juçara pulp at different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	57
Figure 3 Manganese (Mn) (A) and copper (Cu) (B) contents observed in the mesocarp and juçara pulp at different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	58
Figure 4 Zinc content (Zn) (A) and iron (Fe) (B) observed in the mesocarp and juçara pulp at the different stages of processing. Total content, nitroperchloric content and after <i>in vitro</i> digestion (IVG). Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	59
Figure 5 Bioaccessibility in percentage (%) of the macroelement magnesium (Mg) in the mesocarp and pulp of juçara obtained in the different stages of the processing. Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)	60
Figure 6 Bioaccessibility in percentage (%) of the microelements manganese (Mn), copper (Cu) and iron (Fe) in the mesocarp and juçara pulp obtained in the different stages of the	61

processing. Groups followed by the same letter do not differ statistically from each other by Tukey test ($p > 0.05$)

Sumário

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 1	04
1. REVISÃO DE LITERATURA	06
1.1. Aspectos botânicos e descrição da espécie	06
1.1.1. <i>Gênero Euterpe</i>	06
1.1.2. <i>A juçara</i>	07
1.2. Vale do Ribeira e Projeto Juçara	08
1.3. Processamento dos frutos de juçara	10
1.4. Composição química e qualidade nutricional	13
1.4.1. <i>Antocianinas</i>	16
1.5. Biodisponibilidade e bioacessibilidade	17
1.5.1. <i>Determinação da bioacessibilidade</i>	18
1.5.2. <i>Determinação de minerais</i>	20
2. REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	33
Introduction	34
Experimental methods	36
<i>Reagents and solutions</i>	36
<i>Plant material</i>	36
<i>Processing and samples collection</i>	37
<i>Experimental design</i>	37
<i>Quality analysis of the mesocarp and juçara pulp</i>	37
<i>Moisture content</i>	37
<i>Hydrogenionic potential (pH)</i>	37
<i>Soluble solids content (SSC)</i>	38
<i>Titrateable acidity (TA)</i>	38
<i>Micronutrients determination</i>	38
<i>Nitroperchloric digestion</i>	38
<i>In vitro digestion</i>	38
<i>Analytical instrumentation</i>	39
<i>Determination of bioacessibility</i>	39
<i>Statistical analysis</i>	40
Results	40
<i>Analysis and quality of the mesocarp and juçara pulp</i>	40
<i>Minerals determination</i>	41
<i>Macroelements content</i>	41
<i>Microelements content</i>	42
<i>Bioacessibility: macroelements</i>	43
<i>Bioacessibility: microelements</i>	43
<i>Nutritional value</i>	43
Discussion	44
<i>Analysis and quality of the mesocarp and juçara pulp</i>	44
<i>Minerals determination</i>	45
<i>Macroelements content</i>	45
<i>Microelements content</i>	46
<i>Bioacessibility: macroelements</i>	47
<i>Bioacessibility: microelements</i>	48

Nutritional value	48
Conclusion	49
Acknowledgment	50
Financial support	50
Conflict of interest	50
Authorship	50
References	50
Figures	56
Tables	62

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior país do continente Sul americano ocupando aproximadamente metade desta área. Com grande diversidade climática, é possível encontrar diferentes zonas biogeográficas que resultam em uma multiplicidade de biomas e, conseqüentemente, uma ampla diversidade da flora e fauna. Desta forma, o Brasil abriga cerca de 20% da biodiversidade mundial, apresentando a mais diversa flora do mundo, com um número de espécies catalogadas de aproximadamente 55 mil espécies¹.

Apesar da rica biodiversidade brasileira, a maior parte da atividade agrícola nacional é baseada na utilização de espécies exóticas. Desta forma, é imperativo a disponibilização de investimentos no sentido de se buscar o melhor aproveitamento da riqueza natural que se dispõe. Neste sentido, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) desenvolveu uma iniciativa chamada “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial, de Uso Local e Regional – Plantas do Futuro”², que foi executado em parceria com diversas instituições governamentais e não governamentais. As espécies foram agrupadas de acordo com seu potencial de uso em: alimentícias, frutíferas, aromáticas, medicinais, oleaginosas, ornamentais, fibrosas, tóxicas, forrageiras, madeireiras, apícolas e ambientais, sendo as mesmas priorizadas em função de sua região de origem. De um total de 674 espécies estudadas, 41 foram priorizadas como alimentícias e 28 como frutíferas, tal iniciativa contribuiu para o aumento da segurança alimentar do Brasil, pois o país apresenta forte dependência de poucas espécies, em sua maioria exóticas¹.

Uma das espécies alimentícias priorizadas no âmbito do Projeto Plantas para o Futuro para as regiões sul e sudeste foi a *Euterpe edulis* Mart., que é conhecida popularmente por juçara, palmito, palmito-juçara, ripeiro, açai-da-mata-atlântica³. Esta espécie de palmeira monopódio foi explorada de forma contínua e ilegal por produzir um tipo de palmito que era muito apreciado em várias regiões do país, porém, para que o palmito fosse obtido era necessário o corte da planta. Desta forma, a exploração desta espécie de maneira desenfreada, ocasionou grande degradação ao meio ambiente, colocando a juçara em risco de extinção, além de gerar prejuízo também às populações tradicionais, que se utilizavam do manejo sustentável através da venda de seus frutos como meio de sobrevivência e geração de renda^{4, 5, 6}.

A exploração dos frutos da juçara na forma de polpa foi uma forma encontrada para mitigar sua extinção, já que para isso não é necessário o corte da planta. Soma-se a isso o hábito de consumo de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) que se disseminou por todo o país, resultando no aumento da demanda por frutos para atender a este segmento de mercado⁷. Os frutos de juçara se assemelham aos do açai e contém grande quantidade de antocianina, $1.340 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta⁸, apontando este fruto como um alimento com elevada capacidade antioxidante, com ação anti-inflamatória e inibidora da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL)^{9,10}. Segundo Borges *et al* (2011)¹¹, a polpa da juçara também contém elevada quantidade de lipídeos (18% a 44%), sendo os ácidos graxos insaturados oleico e o linoleico os presentes em maior proporção. Esta também é rica em outros nutrientes como as proteínas (5% a 8%), as cinzas (1,5% a 3,3%) e os minerais cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na) e ferro (Fe). Em

relação ao teor de terras raras, há grandes diferenças entre a polpa de açaí e juçara cultivadas em condições similares, sendo a de açaí mais rica em samário (Sm), tório (Th), lantânio (La), cério (Ce) e neodímio (Nd) que a de juçara¹². A polpa da juçara possui um teor de vitamina B2 (riboflavina) mais elevado quando comparada ao açaí da Amazônia, além de teores mais altos de compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C^{13, 14}.

Apesar da importância da juçara como alimento, pouco se sabe a respeito da bioacessibilidade dos micronutrientes presentes em seus frutos. Estudos de bioacessibilidade são importantes, uma vez que mostram quanto de um determinado nutriente do alimento é libertado da matriz alimentar para o fluído intestinal após o processo de digestão, se tornando aptos para serem absorvidos, mas que nem sempre serão biodisponíveis, ou seja, absorvido pelas células¹⁵. Schulz *et al* (2017)¹⁶ ao estudar a bioacessibilidade de minerais em frutos de juçara, verificou que os frutos no final da sua maturação apresentaram melhor aproveitamento nutricional em relação aos elementos cálcio (Ca), ferro (Fe), manganês (Mn), selênio (Se) e cobre (Cu). Apesar desta referência e sabendo que os processamentos dos alimentos podem influenciar a composição em micronutrientes, o objetivo deste trabalho foi verificar como as etapas do processamento tradicional dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) afetam a bioacessibilidade dos minerais.