

Valorizando a cadeia produtiva do urucum: um estudo baseado na recuperação de compostos antioxidantes da cachopa por diferentes métodos de extração

Palavras-Chave: Resíduos agroindustriais, compostos bioativos, tratamento enzimático, *Bixa orellana* L.

Autores(as):

Giovanna Gagliardo de Campos, FEA – UNICAMP

Simone Alves Monteiro da Franca (coorientadora), FEA – UNICAMP

Prof. Dr. Ruann Janser Soares de Castro (orientador), FEA – UNICAMP

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva agroindustrial tem se mostrado uma grande geradora de resíduos orgânicos, que ainda podem apresentar importantes componentes, como macro/micronutrientes e compostos bioativos, mas acabam sendo subutilizados ou descartados (SANTOS; SANTANA, 2022). Quanto às fontes vegetais, a produção do urucum (*Bixa orellana* L.) gera resíduos tanto na etapa de beneficiamento do fruto (descachapamento), quanto na etapa de processamento industrial da semente para obtenção de corantes naturais. A cachopa do urucum consiste em uma cápsula com espinhos flexíveis, apresentando-se em forma de cachos. Cada cachopa pode conter entre 30 e 50 sementes, cujo valor comercial é determinado com base no teor de pigmentos (bixina e norbixina) e que possuem baixo custo de produção (FRANCA, 2018; TAHAM; CABRAL; BARROZO, 2015).

Diversos estudos foram realizados com o urucum quanto aos pigmentos e compostos bioativos extraídos das sementes, nos quais foram averiguadas várias propriedades funcionais associadas a estes compostos como antioxidante (VIUDA-MARTOS et al., 2012), antimicrobiana (MELKA; BISLAT; BABU, 2017), anti-inflamatória (LEAL et al., 2018) e anticarcinogênica (AGGARWAL et al., 2010). Apesar disso, há ainda poucos estudos relacionados a outras partes da planta, como cachopas, galhos e folhas. Essas partes já foram estudadas em relação à composição centesimal (CARVALHO et al., 2010) e as folhas já foram estudadas em relação à presença de compostos bioativos, assim como atividade antioxidante (VIUDA-MARTOS et al., 2012).

Assim, torna-se evidente a necessidade de estudos a fim de avaliar outros tipos de exploração para aproveitamento total da matéria-prima e agregar valor à cadeia produtiva do urucum, como a recuperação de compostos bioativos. A recuperação de compostos de interesse depende dos métodos de extração, que podem ser convencionais ou emergentes, como já reportados para a recuperação de bioativos das sementes (ZABOT; MORAES; MEIRELES, 2018). Dentre as possibilidades, o tratamento enzimático apresenta diversas vantagens, uma vez que é um processo rápido, eficiente, muito específico e ambientalmente amigável. O uso de enzimas visa a hidrólise de componentes da parede celular vegetal para liberar mais compostos bioativos, que podem estar complexados a outros componentes, como carboidratos e proteínas (PURI; SHARMA; BARROW, 2012).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito do tratamento enzimático sobre a recuperação de compostos antioxidantes da cachopa do urucum em comparação com métodos simples e clássicos de extração (decoção, infusão e maceração).

METODOLOGIA:

Os frutos do urucum (*Bixa orellana* L.) foram adquiridos de produtores da cidade de Lagoa de Dentro no estado da Paraíba, embaladas à vácuo e transportados até o Laboratório de Bioquímica de Alimentos da FEA – Unicamp. As cachopas (CH) foram separadas manualmente das sementes de urucum e moídas em moinho de facas (TECNAL, Piracicaba, Brasil) para obtenção de uma farinha, que foi posteriormente embalada à vácuo e mantidas sob refrigeração. Determinou-se a distribuição granulométrica por meio de peneiras série Tyler e a composição centesimal foi realizada de acordo com as metodologias oficiais da AOAC (2010).

A extração aquosa dos compostos bioativos da farinha da cachopa seguiu metodologia proposta por Djibersou et al., (2020). As dispersões contendo a farinha de cachopa (10 mg/mL) foram submetidas a três processos: decocção (fervura em água por 20 minutos), infusão a quente (água fervente e manutenção em repouso por 20 min) e infusão a frio (água fria e manutenção em repouso por 20 min). Para o tratamento enzimático, as dispersões (10 mg/mL) das farinhas foram preparadas em solução tampão específica para ação das enzimas. Os tempos de reação inicialmente estudados foram de 60 e 120 minutos, sendo pH 4,5 e 50°C as condições de incubação para a enzima FoodPro CBL (celulase) e pH 8,5 e 70°C para a enzima FoodPro PXT (protease) ; a dosagem para ambas as enzimas foi de 0,25% v/v, atendendo às recomendações do fabricante. A combinação dos métodos também foi avaliada após a avaliação das extrações independentes. Assim, a extração aquosa por infusão quente e decocção foi definida como pré-tratamento e o tratamento enzimático aplicado nas seguintes condições: temperatura de incubação de 60°C, dosagem das enzimas de 0,5% v/v e tempos de reação de 30 e 60 minutos.

A partir dos extratos obtidos, realizou-se a determinação de fenólicos totais seguindo a metodologia de Pereira; Arruda; Pastore (2018) utilizando o ácido gálico com padrão analítico, e determinação de flavonoides totais pelo método descrito por Zhishen; Mengcheng; Jianming (1999) utilizando como padrão catequina. Para avaliar as propriedades antioxidantes, utilizaram-se os métodos de capacidade de eliminação dos radicais ABTS (RE et al., 1999), DPPH (BRAND-WILLIAMS, CUVÉLIER e BERSET, 1995) e poder de redução do íon ferro (FRAP) (BENZIE e STRAIN, 1999). Os resultados foram expressos em μmol de Trolox equivalente por grama de amostra.

Os resultados foram analisados estatisticamente pela ANOVA seguida do teste de Tukey, com auxílio do software Minitab ® 19 de Minitab Inc. (Pensilvânia, EUA). Os valores foram expressos como média aritmética ($n = 3$) e considerados estatisticamente diferentes quando os valores de p foram inferiores a 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A composição centesimal da cachopa do urucum em umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos foram de 8,49, 6,92, 4,57, 1,37 e 78,65%, respectivamente. A farinha da cachopa apresentou granulometria variando entre 0,05 a 2,83 mm (sendo 86% das partículas com tamanho entre 0,15 e 1,00 mm), sendo classificada como fração grossa (CHg), a farinha retida entre as peneiras de mesh nº 7 a 16, com partículas de tamanho entre 1 e 2,83 mm, e fração fina (CHf), a farinha retida entre as peneiras de mesh nº 24 a 270, com partículas entre 0,05 e 0,71 mm. Essa distinção foi realizada no sentido de verificar o efeito do tamanho de partícula sobre a recuperação dos compostos bioativos (fenólicos totais e flavonoides) e propriedades antioxidantes de extratos da farinha de cachopa obtidos por diferentes processos (Tabela 1).

Tabela 1 - Determinação do teor de compostos bioativos e propriedades antioxidantes de extratos de farinha cachopa de urucum e suas frações obtidos por diferentes processos.

	Fenólicos totais (mg AGE/ g)	Flavonoides (mg CE/ g)	DPPH ($\mu\text{mol TE/ g}$)	FRAP ($\mu\text{mol TE/ g}$)	ABTS ($\mu\text{mol TE/ g}$)
CH-D	39,47 ± 0,07c	8,09 ± 0,48c	305,28 ± 3,95b	452,94 ± 14,45b	570,45 ± 11,88b
CH-Iq	34,10 ± 1,53d	7,00 ± 0,04de	253,26 ± 8,64c	221,45 ± 16,46d	310,01 ± 21,39d
CH-If	20,90 ± 0,29e	3,81 ± 0,16f	226,15 ± 8,72 d	204,61 ± 8,79d	309,95 ± 18,07d
CHg-D	20,67 ± 1,21e	5,81 ± 0,38e	157,25 ± 1,47e	160,68 ± 9,38e	294,06 ± 19,02d
CHg-Iq	7,02 ± 0,37g	0,93 ± 0,05g	43,54 ± 1,89g	42,35 ± 2,88g	154,01 ± 3,91e
CHg-If	10,92 ± 0,48f	2,49 ± 0,04fg	71,38 ± 6,00f	113,15 ± 4,35f	179,94 ± 1,29e
CHf-D	97,82 ± 2,13a	17,38 ± 0,88a	405,99 ± 10,79a	802,27 ± 0,98a	888,65 ± 27,26a
CHf -Iq	74,32 ± 0,80b	14,32 ± 1,46b	250,08 ± 1,68c	438,71 ± 2,00c	550,49 ± 15,80b
CHf-If	35,66 ± 0,34d	6,09 ± 0,43e	176,45 ± 10,55e	131,19 ± 4,83f	482,13 ± 17,72c

Os resultados são apresentados como média ($n = 3$) ± desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey. Siglas: AGE - Ácido gálico equivalente; CE - Catequina equivalente; TE - equivalente Trolox; CH - Cachopa de urucum; CHg - fração grossa da cachopa de urucum; CHf - fração fina da cachopa de urucum; D - Decocção; Iq - Infusão quente; If - Infusão fria.

Observa-se que o melhor desempenho foi o da decocção aplicada à fração fina (CHf-D) que resultou em extratos com aumentos de 148 e 115% para fenólicos totais e flavonoides, respectivamente, quando comparados à farinha da cachopa sem separação em frações por granulometria. O mesmo foi observado para o potencial antioxidante, em que o extrato obtido por decocção para CHf-D apresentou valores 56, 33 e 77% superiores em suas atividades avaliadas pelos métodos de ABTS, DPPH, e FRAP, respectivamente, em relação à farinha da cachopa (CH-D). Essas observações evidenciam a importância da redução da granulometria para recuperação mais eficiente dos compostos de interesse.

Na literatura não foram reportados teores de compostos bioativos e atividade antioxidante para a cachopa do urucum, porém foram feitos alguns estudos relacionados às outras partes da planta do urucuzeiro, como sementes e folhas. Cardarelli et al. (2008) reportaram teores de fenólicos totais equivalentes em ácido gálico (EAG) variando entre 0,30 e 1,84 mg EAG/g de sementes secas. Viuda-Martos et al. (2012) relataram teores de 1,81 mg EAG/g no extrato da folha do urucum e de 0,74 mg EAG/g no extrato da semente de urucum e Chisté et al. (2011) mencionaram valores de 1,7 mg EAG/g para sementes de urucum. As concentrações reportadas na literatura são inferiores às apresentadas neste estudo para cachopa do urucum, indicando que, além das condições fisiológicas da parte da planta utilizada, os parâmetros de processo, como temperatura, solvente e tempo de extração, também podem influenciar na concentração e identificação de compostos de interesse nos extratos. Ainda de acordo com Viuda-Martos et al (2012), os extratos das sementes de urucum apresentaram alta atividade antioxidante e os extratos das folhas demonstraram potencial antimicrobiano e antioxidante.

Tabela 2 - Determinação do teor de compostos bioativos e propriedades antioxidantes dos extratos da farinha cachopa de urucum e suas frações após tratamento enzimático.

Tratamentos	Fenólicos (mg AGE/ g)	Flavonoides (mg CE/ g)	DPPH (μ mol TE/ g)	FRAP (μ mol TE/ g)	ABTS (μ mol TE/ g)	
(60 min)	C-CH	46,28 \pm 0,65a	10,28 \pm 0,46b	262,24 \pm 6,71c	496,96 \pm 2,97d	609,88 \pm 9,04c
	CH-CBL	24,15 \pm 0,39c	6,05 \pm 0,38c	325,25 \pm 6,45b	451,67 \pm 8,29e	604,60 \pm 23,31c
	CH-PXT	19,48 \pm 0,76d	7,01 \pm 0,50c	142,13 \pm 2,16e	390,39 \pm 5,68f	603,48 \pm 11,11c
	C-CHg	20,56 \pm 1,42d	4,32 \pm 0,42de	162,80 \pm 7,70d	151,95 \pm 2,42g	434,26 \pm 9,36e
	CHg-CBL	12,31 \pm 0,53e	3,01 \pm 0,09f	164,05 \pm 1,85d	145,19 \pm 1,49g	412,53 \pm 2,24e
	CHg-PXT	19,11 \pm 0,50d	3,30 \pm 0,12ef	134,50 \pm 7,98e	117,78 \pm 3,41h	509,83 \pm 11,10d
	C-CHf	34,76 \pm 1,18b	4,64 \pm 0,23d	361,53 \pm 3,03a	590,15 \pm 5,46a	705,29 \pm 33,28b
	CHf-CBL	24,88 \pm 0,61c	4,86 \pm 0,08d	365,19 \pm 13,75a	517,59 \pm 5,52b	637,05 \pm 29,48c
	CHf-PXT	35,79 \pm 0,81b	13,68 \pm 0,55a	254,00 \pm 5,97c	489,56 \pm 7,00c	838,66 \pm 4,43a
(120 min)	C-CH	23,92 \pm 1,89f	6,15 \pm 0,17e	285,30 \pm 1,37d	331,71 \pm 1,38e	557,50 \pm 10,84de
	CH-CBL	28,75 \pm 0,59e	6,82 \pm 0,58de	306,56 \pm 1,05c	368,72 \pm 0,38d	586,48 \pm 17,52d
	CH-PXT	31,96 \pm 0,51d	3,80 \pm 0,21f	155,61 \pm 4,52f	258,12 \pm 6,27f	646,83 \pm 1,02c
	C-CHg	9,95 \pm 0,63h	15,90 \pm 0,45a	145,61 \pm 8,30fg	156,94 \pm 0,21g	444,34 \pm 7,65f
	CHg-CBL	15,10 \pm 0,19g	2,01 \pm 0,09g	136,80 \pm 5,31g	153,19 \pm 5,60g	348,32 \pm 8,77g
	CHg-PXT	16,54 \pm 0,57g	3,19 \pm 0,18f	68,57 \pm 5,87h	135,78 \pm 4,80h	542,21 \pm 15,37e
	C-CHf	56,46 \pm 0,63a	13,61 \pm 0,48b	382,18 \pm 5,50b	700,75 \pm 3,76a	804,01 \pm 2,94a
	CHf-CBL	47,80 \pm 1,40c	8,08 \pm 0,16c	397,30 \pm 3,21a	632,01 \pm 4,52b	726,77 \pm 9,98b
	CHf-PXT	52,17 \pm 1,25b	7,42 \pm 0,50cd	219,96 \pm 4,64e	429,67 \pm 6,73c	808,71 \pm 18,53a
Variação (%) (60 – 120 min)	C-CH	-48	-40	9	-33	-9
	CH-CBL	19	13	-6	-18	-3
	CH-PXT	64	-46	9	-34	7
	C-CHg	-52	268	-11	3	2
	CHg-CBL	23	-33	-17	6	-16
	CHg-PXT	-13	-3	-49	15	6
	C-CHf	62	193	6	19	14
	CHf-CBL	92	66	9	22	14
	CHf-PXT	46	-46	-13	-12	-4

Os resultados são apresentados como média (n = 3) \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna em cada sessão de tempo da reação (60 min) e (120 min) não apresentam diferenças significativas (p < 0,05) pelo Teste de Tukey. A variação % foi calculada levando-se em consideração a avaliação comparativa dos resultados obtidos para 120 min em relação aos obtidos para 60 min para cada conjunto de amostras tratado. Siglas: AGE - Ácido gálico equivalente; CE - Catequina equivalente; TE - equivalente Trolox; C - controle; CH - Cachopa de urucum; CHg - fração grossa da cachopa de urucum; CHf - fração fina da cachopa de urucum; CBL - complexo enzimático de carboidrases; PXT - complexo enzimático de proteases.

Os resultados para os teores de compostos bioativos e propriedades antioxidantes dos extratos obtidos após a hidrólise da farinha de cachopa de urucum e suas frações estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que há diferenças significativas (p < 0,05) quanto aos resultados de cada tempo de reação. Desse modo, quanto à cachopa do urucum sem separação das frações, observa-se que a ação da enzima CBL resultou em extratos com maiores teores de fenólicos e flavonoides e também com maior atividade antioxidante para os métodos DPPH e FRAP. Quanto às frações fina e grossa, nota-se que a ação da enzima PXT resultou em extratos com maior teor dos compostos bioativos e maior atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH, mas com leve redução para ABTS e FRAP (Tabela 2).

Considerando as amostras CH, CHg e CHf, pode-se afirmar que as enzimas agiram mais eficientemente na fração fina, uma vez que ambas resultaram em extratos com maiores respostas nesta fração. Isso se dá porque a extração de compostos bioativos também pode ser influenciada pela maior superfície de contato disponível em

função do menor tamanho da partícula. Ainda, o tempo de reação demonstrou ser um fator importante nos resultados. Observa-se que o tempo de 1h foi mais eficiente, dado que houve redução da atividade antioxidante com o tempo de 2h, e também no teor de compostos bioativos, principalmente na fração grossa. Essa redução pode estar relacionada com perdas causadas por oxidação dos compostos bioativos inicialmente liberados da matriz (Tabela 2).

Os resultados obtidos pelo tratamento enzimático serviram de base para um processo combinando os métodos clássicos (decoção e infusão quente) como potenciais pré-tratamentos das amostras para posterior aplicação do tratamento enzimático observando dois tempos reacionais (30 e 60 minutos) (Tabela 3).

Tabela 3 – Determinação do teor de compostos bioativos e propriedades antioxidantes dos extratos da fração fina da farinha cachopa de urucum (CHF) após pré-tratamento por decoção (D) e infusão quente (IQ) combinados com tratamento enzimático em função do tempo de reação.

Tratamentos		Fenólicos (mg AGE/ g)	Flavonoides (mg CE/ g) (mg QE/ g)		ABTS (μ mol TE/ g)	DPPH (μ mol TE/ g)	FRAP (μ mol TE/ g)	
Decocção		52,93 \pm 2,07e	8,42 \pm 0,18b	61,58 \pm 2,13b	772,24 \pm 7,31a	317,3 \pm 24,43b	619,7 \pm 29,64a	
Infusão quente		35,04 \pm 0,21f	5,99 \pm 0,12ef	40,26 \pm 0,71e	439,5 \pm 21,98e	210,83 \pm 9,65c	323,73 \pm 14,29d	
30 min	E	D+CBL	85,76 \pm 3,28a	6,44 \pm 0,1def	49,58 \pm 4,14cd	657,94 \pm 27,35b	433,38 \pm 31,86a	431,81 \pm 5,07c
		D+PXT	64,23 \pm 1,38cd	7,95 \pm 0,47bc	56,61 \pm 2,97bc	603,21 \pm 44,77bc	346,93 \pm 24,86b	400,62 \pm 11,98c
	%V	+CBL/D	62,03	-23,48	-19,49	-14,8	36,58	-30,32
		+PXT/D	21,34	-5,62	-8,07	-21,89	9,34	-35,35
	E	IQ+CBL	77,09 \pm 0,01b	7,19 \pm 0,72cde	51,48 \pm 5,08cd	505,44 \pm 9,48de	311,39 \pm 25,37b	338,05 \pm 6,24d
		IQ+PXT	63,12 \pm 2,16d	5,42 \pm 0,32f	30,48 \pm 2,9f	532,68 \pm 38,83cd	307,03 \pm 13,53b	340,76 \pm 24,46d
	%V	+CBL/IQ	120,03	20,16	27,87	15	47,7	4,43
		+PXT/IQ	80,14	-9,47	-24,3	21,2	45,63	5,26
60 min	E	D+CBL	78,71 \pm 0,67b	7,28 \pm 0,35bcd	50,28 \pm 1,4cd	612,29 \pm 17,18bc	446,78 \pm 30,41a	438,94 \pm 13,27c
		D+PXT	64,18 \pm 2,3cd	10,02 \pm 0,43a	72,56 \pm 2,86a	663,06 \pm 42,91b	316,45 \pm 10,94b	418,11 \pm 19,87c
	%V	+CBL/D	48,70	-13,5	-18,35	-20,71	40,81	-29,17
		+PXT/D	21,25	19,04	17,84	-14,14	-0,27	-32,53
	E	IQ+CBL	70,17 \pm 3,08c	6,51 \pm 0,52def	43,09 \pm 0,92de	547,24 \pm 15,87cd	290,62 \pm 28,53b	332,46 \pm 14,19d
		IQ+PXT	65,89 \pm 3,32cd	6,59 \pm 0,54def	46,99 \pm 3,68de	759,61 \pm 29,21a	430,77 \pm 22,87a	488,92 \pm 9,93b
	%V	+CBL/IQ	100,29	8,74	7,02	24,51	37,85	2,7
		+PXT/IQ	88,05	10,02	16,72	72,83	104,32	51,03

Os resultados são apresentados como média (n = 3) \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma sessão (tempo e pré-tratamento) e na coluna não apresentam diferenças significativas (p < 0,05) pelo Teste de Tukey. Siglas: CHF - fração fina da cachopa de urucum; E - Enzima; D - Decocção; IQ - Infusão quente; CBL - blend de carboidrases da FoodPro; PXT - protease da FoodPro; Tr (min): tempo reacional em minutos; %V - porcentagem de variação (min/min); AGE - Ácido gálico equivalente; CE - Catequina equivalente; EQ - Quercetina equivalente; TE - equivalente Trolox; CHF - fração fina da cachopa de urucum;

De acordo com os resultados apresentados, observa-se que os processos combinados geraram maiores variações positivas quando a infusão quente foi aplicada como pré-tratamento. Quando este foi combinado com a carbohidrase CBL, a maior variação positiva foi no tempo de 30 min, tanto para o teor de compostos bioativos (fenólicos e flavonoides totais), como também impactando positivamente na atividade antioxidante por DPPH e FRAP. Porém, quando observado a combinação com a protease PXT, a maior variação positiva foi observada no tempo de 60 min, sendo este o processo que apresentou as maiores variações para todas as atividades antioxidantes (Tabela 3).

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos permitiram concluir que a granulometria da farinha de cachopa analisada tem grande peso na recuperação de bioativos e que de acordo com as análises preliminares, a fração que apresentou os melhores resultados de extração pelos métodos convencionais foi a fração fina com partículas entre 0,05 e 0,71 mm. Comparando apenas os métodos convencionais aplicados, isto é, decoção, infusão a quente e maceração, o método que resultou em extratos com maiores quantidades de compostos bioativos extraídos foi a decoção.

Assim, pode-se concluir que o método de decocção apresenta bons resultados de extração de compostos bioativos, e que para este método, a combinação com o tratamento enzimático não contribuiu para melhor extração destes. Por outro lado, verifica-se que a combinação de métodos é relevante para o método convencional de infusão a quente, pois houve aumento dos compostos bioativos extraídos após a combinação em comparação a apenas com os resultados obtidos pelo método convencional, impactando positivamente nas propriedades antioxidantes dos extratos obtidos.

BIBLIOGRAFIA

- AGGARWAL, B. B. *et al.* Tocotrienols, the vitamin E of the 21st century: Its potential against cancer and other chronic diseases. **Biochemical Pharmacology**, v. 66, p. 86-95, 2012.
- AL-DUAIS, M. *et al.* Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphotemma digitatum* before and after processing: use of different assays. **European Food Research and Technology**, v. 228, p. 813-821, 2009.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18th Edition, Washington, DC, 2010.
- BARBOSA, J. A. *et al.* Gastroprotective effect of ethyl acetate extract from *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman and underlying mechanisms. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 112, n. October 2018, p. 108582, 2019.
- BROADHURST, R. B.; JONES, W. T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin, p. 788-794, 1978.
- CARVALHO, P. R. N. *et al.* Concentração de bixina e lipídios em sementes de urucum da coleção do **Instituto Agrônomo (IAC)**. Campinas SP: [s.n.], 2010.
- DJIBERSOU, D. *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory potential of aqueous extracts of leaves, barks and roots of *Bixa orellana* L. (Bixaceae) on acetaminophen-induced liver damage in mice. **Avicenna Journal of Phytomedicine**, v. 10 (4), p. 428-439, 2020.
- FRANCA, Simone Alves Monteiro da. OBTENÇÃO DO COLORANTE E DO AMIDO DAS SEMENTES DE URUCUM (*Bixa orellana* L.): OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROCESSO, TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- LEAL, N. R. F. *et al.* Anti-inflammatory effect of diterpenes-enriched fractions from *Pterodon polygalaeiflorus* through inhibition of macrophage migration and cytokine production. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 2018.
- MAJOLO, C.; CARVALHO, H. H.; WEST, J. M. Atividade antibacteriana "in vitro" de diferentes acessos de urucum (*Bixa orellana* L.) e sua relação com o teor de bixina presente nas sementes, **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 115-124, jan./jun. 2013.
- MELKA, B.; BISLAT, D.; BABU, G. N. Isolation, characterization and biological activities of food colorants from *Bixa orellana*. **Journal of Pharmacovigilance**, v. 5, n. 4, 2017.
- PURI, M.; SHARMA, D.; BARROW, C. J. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. **Trends in Biotechnology**, v. 30, p. 37-44, 2012.
- SANTOS, T. R. J.; SANTANA, L. C. L. DE A. Conventional and emerging techniques for extraction of bioactive compounds from fruit waste. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.
- TAHAM, T.; CABRAL, F. A.; BARROZO, M. A. S. Extraction of bixin from annatto seeds using combined technologies. **The Journal of Supercritical Fluids**, 2015.
- VIUDA-MARTOS, M. *et al.* In vitro Antioxidant and Antibacterial Activities From Annatto (*Bixa orellana* L.) Leaves and Seeds. **Journal of Food Safety**, v. 32, n. 4, p. 339-406, 2012.
- ZABOT, G. L.; MORAES, M. N.; MEIRELES, M. A. A. Process integration for producing tocotrienols-rich oil and bixin-rich extract from annatto seeds: A techno-economic approach. **Food and Bioproducts Processing**, v. 109, p. 122-138, 2018.
- ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555-559, 1999.