

Benefícios e perigos do aproveitamento da casca de maracujá (*Passiflora edulis*) como ingrediente na produção de alimentos

Benefits and risks of using passion fruit peel (*Passiflora edulis*) as an ingredient in food production

RIALA6/1536

Elisabete Maria da Graça Costa do NASCIMENTO¹, José Luis Ramirez ASCHERI², Carlos Wanderlei Piler de CARVALHO², Melicia Cintia GALDEANO²

*Endereço para correspondência: ¹Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rua Coaraci Gentil Nunes, 113, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 23032-180. Tel.: (21) 3401-4120.

E-mail: betecostanascimento@gmail.com

²Embrapa Agroindústria de Alimentos, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Recebido: 10.12.2012 - Aceito para publicação: 27.03.2013

Agência financiadora: CAPES-EMBRAPA e UFRRJ

RESUMO

A produção do maracujá amarelo cresce no Brasil e o descarte inadequado das cascas representa tanto um problema para o meio ambiente, como a perda de ingrediente rico em fibras. O seu uso é fonte de renda para o produtor rural. Esta revisão traz os estudos que têm sido realizados sobre o aproveitamento da casca do maracujá, considerando-se os aspectos nutricionais e, também, uma alternativa segura, em termos toxicológicos, para o aproveitamento desse resíduo. Muitos autores avaliaram a casca do maracujá e detectaram teores de fibra alimentar de 35 a 90 %; e os benefícios do seu consumo foram identificados por meio de testes *in vivo* em ratos e em humanos. Em função de interesse, incentivou-se o desenvolvimento de produtos enriquecidos em fibra alimentar utilizando esse resíduo como componente da formulação. Há muito tempo foram identificados glicosídeos cianogênicos no maracujá, exceto nas sementes. Os efeitos tóxicos de alimentos com cianogênicos são observados em países africanos, onde é comum o consumo da mandioca brava sem o tratamento adequado. O processo de extrusão termoplástica tem sido estudado como ferramenta útil na redução de substâncias tóxicas e sua utilização será importante para processar as cascas e reduzir cianogênicos aos níveis aceitáveis pela legislação.

Palavras-chave. fibra alimentar, extrusão termoplástica, glicosídeos cianogênicos.

ABSTRACT

The production of yellow passion fruit has increased in Brazil, and the inadequate disposal of peels has resulted in environment issue, and also a loss of fibers-rich ingredients. Its use contributes to increase the farmer income. This review analyzes the studies which have been performed on the use of passion fruit peel, considering the nutritional aspects, and to propose safe alternatives for employing this residue. Several investigators have assessed the dietary fiber contents in passion fruit peel which ranged from 35 to 90 %, and the *in vivo* tests in mice and humans have identified the benefits of its consumption. Owing to this concern, it has strengthen the development of products enriched with dietary fiber as an ingredient in the formulation. A long time ago, the cyanogenic glycosides have been identified in passion fruit, except in the seeds. The toxic effects of foods containing cyanogenic compounds have been observed in African countries, where the cassava without adequate treatment has commonly been consumed. The thermoplastic extrusion procedure has been considered as a useful tool for reducing toxic components, and its use will be important for processing peels and to reduce cyanogens to the acceptable levels in accordance with the food regulation.

Keywords. dietary fiber, thermoplastic extrusion, cyanogenic glycosides.

INTRODUÇÃO

O Brasil produz, diariamente, toneladas de resíduos sólidos orgânicos resultantes da indústria de alimentos, que comprometem o ecossistema, uma vez que são materiais altamente poluentes. Boa parte desses resíduos é gerada pelas indústrias extratoras de sucos, que ao processarem as frutas, descartam cascas, albedos, sementes, aparas e vesículas. No entanto, esse material possui grande potencial econômico e nutricional, pois é, em sua maioria, fonte de fibra alimentar¹.

O maracujá (*Passiflora edulis*) sofre muita perda durante o processamento, pois somente 30 % de todo o peso do fruto é aproveitado, que é a polpa utilizada para a extração do suco². Nos últimos anos, é tema de pesquisa a busca do aproveitamento desses resíduos no desenvolvimento de produtos de maior valor agregado como, por exemplo, farinhas com alto teor de fibras³⁻⁹.

Por outro lado, a casca do maracujá possui compostos considerados altamente tóxicos, que são os glicosídeos cianogênicos, presentes também no albedo e na polpa do fruto^{10,11}.

O aproveitamento de resíduos vegetais como fonte de fibra alimentar por meio de sua incorporação como ingrediente em produtos alimentícios tem grande potencial de viabilidade do ponto de vista nutricional, econômico e também ecológico. Porém, o produto final deve proporcionar segurança toxicológica para o consumidor. Portanto, o objetivo desta revisão bibliográfica é avaliar a utilização do epicarpo e do albedo do maracujá (chamado simplesmente de “casca”) como ingrediente, visto que muitos produtos têm sido desenvolvidos sem a avaliação da toxicidade da casca deste fruto e, assim, fomentar a pesquisa desse material com critérios de segurança. Esta pesquisa avaliou os dados levantados no período de 1983 a 2012.

Produção do maracujá

O maracujá vem da palavra “maraú-va” que, para os indígenas, significa “fruto de sorver”, que expressa “beber vagarosamente”, ou ainda, “polpa que se toma de sorvo”. O tipo amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa Degener) é formado de pedúnculo, epicarpo (a casca amarela externa), mesocarpo (a parte branca da casca, também denominada albedo), endocarpo ou polpa (que contém o arilo carnoso) e as sementes. Nas indústrias de sucos, ocorre o aproveitamento apenas do arilo carnoso, sendo as sementes, o albedo

e o epicarpo dispensados, tornando-se importante problema ambiental¹.

Apesar de o gênero *Passiflora* possuir um grande número de espécies (mais de 400), o cultivo comercial do Brasil está baseado em uma única – maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) – devido ao maior rendimento do seu fruto em suco¹⁰.

A aceitação sensorial do suco e a valorização do preço da fruta fresca fizeram com que a produção de maracujá tivesse um crescimento exponencial (Figura 1), mesmo depois de enfrentar dificuldades cíclicas de comercialização e problemas fitopatológicos entre os anos de 1996 e 2009¹⁰.

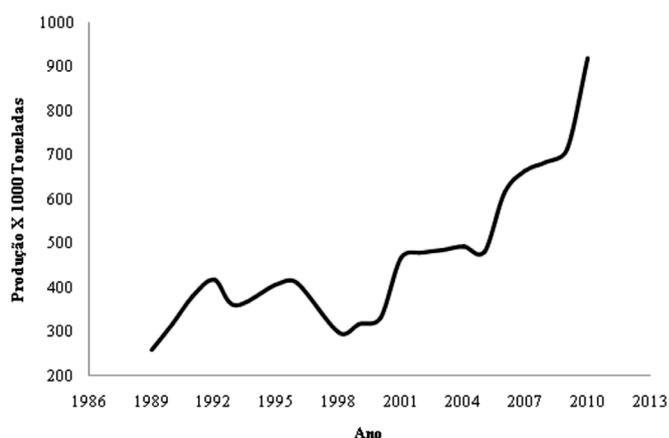


Figura 1. Produção de maracujá no Brasil entre os anos de 1989 a 2010 (Adaptado de Meletti, 2011)¹⁰

Em 2010, a produção brasileira de maracujá foi de 920.158 toneladas, sendo seu cultivo realizado em pequenas propriedades, com necessidade de fixação da mão de obra rural e emprego de cerca de quatro pessoas por hectare¹⁰.

Na indústria de processamento do suco do maracujá, o descarte ou o destino dos resíduos vegetais representam um crescente problema, devido ao aumento da produção a cada ano, uma vez que esses resíduos constituem a maior parte do peso do fruto, cerca de 60 a 70 % total¹⁰.

As fibras e os compostos bioativos da casca do maracujá e seus efeitos sobre a saúde

O albedo do maracujá já foi caracterizado por vários autores como rico em fibras^{3,4,9,11-13}. Conforme a Tabela 1, o teor de fibra alimentar da casca do maracujá varia de 57,32 a 90,32 %, sendo que essa diferença pode estar relacionada às diferentes metodologias analíticas empregadas.

Segundo posicionamento da *American Dietetic Association*, em 2002¹⁴, o consumo de fibras alimentares é de aproximadamente 20 a 35 g por dia, ou 10 a 13 g de fibras/1000 kcal. Na prática, essa quantidade não é alcançada pela maioria dos brasileiros¹⁵. O Guia Alimentar para a População Brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde¹⁶, também segue a recomendação de 25 g de fibras alimentares ao dia para adultos, e acrescenta que, se a alimentação contiver quantidades adequadas de cereais, tubérculos, raízes, frutas, hortaliças, leguminosas, essa quantidade de fibras será atingida.

A fibra alimentar apresenta efeitos benéficos à saúde, sendo responsável por auxiliar na redução do risco de certas patologias crônicas como, as doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, câncer do cólon, entre outras¹⁵. Esses efeitos levantam especial interesse em pesquisa por vegetais ricos em fibras, principalmente nas sociedades ocidentais, nas quais a alta prevalência dessas doenças é observada, devido ao grande consumo de alimentos à base de produtos processados refinados¹¹.

As fibras alimentares dos vegetais podem ser consideradas como a parte resistente à hidrólise enzimática no trato gastrointestinal humano e são classificadas de acordo com sua hidrossolubilidade. A parte insolúvel da fibra (celulose, alguns tipos de

Matsuura⁹, que encontrou 30,7 % de celulose; 27,8 % de pectina; 1,6 % de hemicelulose e 1,1 % de lignina (todos em base seca).

Janebro et al¹⁷, estudando a farinha da casca do maracujá, mostraram que os níveis glicêmicos apresentados pelos pacientes após o uso de 30 g diárias durante 60 dias, são compatíveis com uma ação positiva no controle da glicemia. Foi verificado também um aumento do colesterol HDL nos mesmos 43 pacientes estudados.

A pectina – abundante no maracujá – abaixa efetivamente o colesterol sem afetar o nível de HDL¹⁸. Silva et al¹⁹ mostraram que, além do efeito hipocolesterolêmico, a pectina da casca de maracujá quando administrada em doses adequadas, apresentou ação antiinflamatória e propriedade hipoglicemiante em ratos diabéticos. Além disso, a pectina contém um composto bioativo, a luteolina^{20,21}, com potencial para uso em tratamento alternativo do Diabetes tipo 2.

A ação vasodilatadora dos polifenóis na *Passiflora edulis* foi observada no estudo de Ichimura et al²⁰. Uma análise quantitativa mostrou que o extrato da casca da *Passiflora edulis* contém 20 µg/g de peso seco de luteolina e 41 µg/g de peso fresco de luteolina-6-C-glicosídeo. Segundo os autores, esses compostos mostraram ter efeito anti-hipertensivo em ratos.

Também foi encontrado nesse extrato da casca, o ácido gama-aminobutírico (GABA), que é o principal neurotransmissor inibidor da transmissão pré-sináptica no sistema nervoso central (SNC); a falta da síntese do GABA ou o bloqueio de seus neurotransmissores no SNC, resulta em estimulação intensa, manifestada por convulsões generalizadas²².

Outro estudo²¹, de 2005, já havia elucidado que a luteolina inibiu a expressão de genes de secreção endotelial (ET-1, Endothelin-1) responsáveis pela secreção de várias substâncias vasoativas. O ET-1 é um potente vasoconstritor regulador da pressão arterial e, Kozakai²¹ demonstrou que a luteolina pode inibir a secreção e expressão gênica de ET-1 em células endoteliais aórticas de suínos.

Watson et al²³ demonstraram atividade antioxidante e antiinflamatória dos extratos das cascas do maracujá após administração oral, sendo que os resultados sugerem por estudos estatísticos o potencial uso em outros tipos de terapia. Com a administração deste extrato, observou-se melhora dos sintomas clínicos em pacientes com asma, diminuição do chiado

Tabela 1. Teores de fibra alimentar da casca do maracujá amarelo

Teor de fibra na casca do maracujá (g/100 g)	Referência
57,32	Córdova et al (2005) ¹²
71,10	Matsuura (2005) ⁹
90,32	Santana e Silva (2007) ⁴
64,11	Leoro (2007) ³
73,50	Yapo e Koffi (2008) ¹¹
64,71	Gilciléia (2011) ¹³

hemicelulose e lignina) permanece intacta em todo o trato gastrointestinal humano e atua aumentando a necessidade de mastigação, o bolo fecal e o estímulo da motilidade intestinal¹⁵. Pectinase, algumas hemiceluloses, gomas e mucilagens são partes hidrossolúveis da fibra, e que tendem a formar géis quando em contato com a água. Elas apresentam atividade hipocolesterolêmica, reduzem os níveis de triglicerídeos sanguíneos e são parcialmente metabolizadas por bactérias presentes na flora intestinal¹⁵.

Os componentes da fibra alimentar do maracujá (*Passiflora edulis*) foram quantificados por

no peito, da tosse e da falta de ar, além da ausência de possíveis efeitos colaterais.

Em outro estudo, trinta e três pacientes com osteoartrite no joelho receberam um preparado de extrato de casca de maracujá, sendo observada melhora significativa nas funções físicas após 30 dias; após 60 dias de administração, percebeu-se melhora na rigidez e na dor. Os autores concluíram que os efeitos benéficos podem ser atribuídos às propriedades antioxidantes e antiinflamatórias das cascas de maracujá²⁴.

Toxicidade da casca do maracujá

Embora os produtos à base de plantas sejam geralmente considerados seguros, sua toxicidade não deve ser descartada devido aos constituintes cianogênicos de diversas espécies, como por exemplo, das passifloras.

A casca do maracujá possui glicosídeos cianogênicos, substâncias de defesa próprias dos vegetais, contra seus predadores. Quando o tecido vegetal é rompido, uma reação enzimática que desdobra os glicosídeos até ácido cianídrico é desencadeada. Na circulação sanguínea, o cianidreto libera o íon cianeto, que é transportado pela hemoglobina. Nas células, o cianeto liga-se fortemente ao citocromo mitocondrial, responsável pelo transporte de elétrons na respiração celular. Por essa razão, o intoxicado passa por um processo de asfixia celular que, dependendo da quantidade de cianeto no sangue, pode levar à morte²⁵.

Glicosídeos cianogênicos estão presentes em uma vasta quantidade de vegetais, sendo muito comuns em mandioca brava. Diversos estudos vêm identificando e quantificando os compostos cianogênicos presentes na casca de maracujá. Um resumo deles pode ser visto na Tabela 2.

Rosenthaler, foi o primeiro a investigar e relatar a presença desses compostos em *P. edulis*, em 1991. Spencer e Seigler²⁶ encontraram níveis significativos presentes em todas as partes, exceto nas sementes. Eles utilizaram a metodologia de Lambert²⁷ que consiste na hidrólise enzimática, e o método de colometria para determinar ácido cianídrico²⁸.

Existem vários métodos para quantificar analiticamente o ácido cianídrico (HCN) em alimentos: o método colorimétrico, utilizando a mistura piridina pirazolona ou o ácido pícrico com pH 7,8 a 10,2; o volumétrico, utilizando AgNO_3 ; o espectrofotométrico, que utiliza a piridina/ácido barbitúrico; o enzimático; o voltamétrico; a técnica polarográfica e a potenciométrica. Entre todos esses métodos acima citados, o argentimétrico – método oficial da AOAC-915.03²⁸ – é o mais seguro (por não precisar manusear CN^-) e com menor custo em relação aos reagentes.

Para estudar a degradação, a remoção de cianogênicos e para monitorar os níveis residuais na obtenção de produtos, é necessário separar e quantificar os glicosídeos cianogênicos e o ácido cianídrico. Os métodos analíticos conhecidos mostravam-se inconvenientes, sem precisão e repletos de erros sistemáticos. Em 1995, o método mais promissor era o enzimático para quantificação de cianogênicos, cianohidrininas e ácido cianídrico. Porém, esse método não foi comparado com o oficial AOAC, de 1984²⁸.

Chassagne et al²⁹ identificaram e quantificaram, por CG/MS (cromatografia gasosa com espectrometria de massa), os compostos cianogênicos em *P. edulis* Flavicarpa e verificaram que o mais importante composto presente é a prunasina, que representa 80 % dos glicosídeos cianogênicos encontrados nas cascas.

Matsuura⁹ quantificou os compostos cianogênicos pelo método da hidrólise ácida com ácido sulfúrico e reação de cor usando os ácidos isonicotínico e barbitúrico segundo Bradbury et al³⁰. Foram encontrados níveis de 117 mg/kg de casca de maracujá fresco. Este trabalho avaliou os teores de compostos cianogênicos em diferentes formas de processamento de albedo de maracujá amarelo envolvendo cozimento, sendo observado que o cozimento sob pressão reduziu de forma rápida, porém com teores acima de 10 ppm; o cozimento em água, em pressão atmosférica e por tempo prolongado (120 minutos), reduziu os teores a níveis inferiores a 10 ppm; e o processo em que o albedo foi branqueado imerso em salmoura,

Tabela 2. Teores de cianogênicos na casca do maracujá (*in natura*)

Teor de cianogênicos (mg/kg)	Referências	Metodologia de análise de cianogênicos
65,00 – 594,00	Spencer e Seigler (1983) ²⁶	Hidrólise enzimática e colorimetria
286,00	Chassagne et al (1996) ²⁹	Cromatografia gasosa com espectrometria de massa
117,00	Matsuura (2005) ⁹	Hidrólise ácida e colorimetria
784,30*	Leoro (2007) ³	Colorimetria
74,67 – 231,67	Gilcília (2011) ¹³	Hidrólise ácida e colorimetria

*Farinha de casca de maracujá

seguido de cozimento em água em pressão atmosférica foi mais eficaz.

Bradbury et al³⁰ desenvolveram um método simples, rápido e de baixo custo, com papel reativo para determinar os níveis totais de cianogênicos em mandioca e seus produtos. Este método consiste na reação da enzima linamarase, presente na casca da mandioca, em contato com a solução de ácido pícrico impregnado em papel. Após a eluição em água, procede-se a determinação colorimétrica em espectrofotômetro a 510 nm.

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu um limite máxima de 10 ppm de cianeto total, que segundo Burns et al³¹, tem sido adotado na Austrália pela “Food Standards Austrália e Nova Zelândia”, enquanto 40 ppm é o limite permitido na Indonésia.

No Brasil, a Resolução RDC nº 53, de 15 junho de 2000³², estabeleceu e determinou o limite máximo de ácido cianídrico de 4 ppm para produtos de mistura à base de farelo de cereais.

O efeito tóxico de cianeto em humanos depende do peso corporal, do estado de saúde, da dose ingerida e do tempo de ingestão. A dose letal aguda de cianeto para humanos é de 0,5 a 3,5 mg/kg de peso corpóreo³³. Para uma criança de 20 kg, 40 a 270 g de produtos com altos teores de cianeto já podem ser consideradas letais.

Vários autores quantificaram derivados dos compostos glicosídicos comestíveis de várias espécies de *Passiflora*: segundo Leoro³, o farelo de maracujá, após processamento (lavagem, corte, retirada da polpa, trituração das cascas, secagem, moagem e obtenção do farelo), apresentou 748,3 mg/kg de compostos cianogênicos totais pelo método colorimétrico, utilizando reagente de cor de ácidos isonicotínico e barbitúrico; Spencer e Seigler²⁶ encontraram teores de compostos cianogênicos na faixa de 65 a 594 mg/kg de fruto fresco pelo método da hidrólise enzimática para separação do ácido cianídrico do glicosídeo e quantificação por colorimetria; Chassagne et al²⁹ reportaram teores de aproximadamente 286 mg/kg em casca de maracujá “in natura” por cromatografia gasosa com espectrometria de massa.

Entre os vegetais que apresentam compostos cianogênicos, a mandioca brava é a mais estudada, sendo sua toxicidade bem estabelecida por estudos epidemiológicos. Assim, uma correlação com outros vegetais, ainda não amplamente estudados, pode ser interessante.

A exposição aguda a alimentos com alto teor de glicosídeos cianogênicos pode causar náuseas,

vômitos, diarreia, vertigem, fraqueza e, por vezes, pode levar à morte³¹. Ocorrência de Cliff et al³⁴ relacionou a intoxicação crônica com cianeto em pacientes de paraparesia espástica que consumiam produtos de mandioca processados de forma inadequada. A falta de alimentos ricos em aminoácidos sulfurados, na dieta, os quais atuam na desintoxicação dos efeitos do cianeto no organismo, aliada à dependência quase total da mandioca como alimento nos períodos de seca contribuíram para desencadeamento da paraparesia espástica no norte de Moçambique em 1981, conforme investigação do Ministério da Saúde de Moçambique³⁵, que concluiu que a ocorrência da doença está relacionada ao consumo de mandioca ou produtos da mandioca como principal fonte de energia, ou em países tropicais, cujos se expõem de maneira mais acentuada ao risco de intoxicação alimentar por cianeto.

A síndrome de Konzo, nome da paralisia espástica simétrica que ocorre principalmente em crianças e mulheres jovens, está invariavelmente associada ao consumo de alimentos contendo glicosídeos cianogênicos processados inadequadamente. Segundo Adamolekun³⁶, numerosos estudos epidemiológicos, clínicos e bioquímicos não conseguiram elucidar os mecanismos etiológicos desta doença, para qual ainda não há tratamento conhecido.

Essa doença continua a ser predominante em áreas endêmicas, provocando incapacidade significativa e aumento da mortalidade. Segundo os estudiosos, a síndrome de Konzo continuará a ser um grave problema de saúde nos países da África caso nenhuma atitude seja tomada³⁷.

Para a casca de maracujá, existem poucos estudos relacionados à sua toxicidade *in vivo*. Medeiros et al³⁸, em ensaio clínico, concluíram que a farinha do albedo da *Passiflora edulis* pode ser usada com segurança em pacientes portadores de dislipidemias. No entanto, esses resultados referem-se à dose utilizada no estudo (10 g três vezes ao dia, por 8 semanas, adicionados a suco, refresco, sopa ou outro alimento). Nessas condições, não foram observadas alterações que pudessem comprometer seu uso como alimento, porém o uso além do relatado, deve ser minuciosamente investigado.

Maluf et al³⁹, estudando as folhas de *Passiflora edulis* destacaram que, apesar dessa espécie ser utilizada na medicina popular como tratamento hipnótico e sedativo, foi verificado significativo efeito depressor não específico do sistema nervoso central. Além disso,

as toxicidades hepatobiliar e pancreática em animais e humanos foram detectadas.

Sena⁴⁰ fez um levantamento de 31 trabalhos disponíveis na literatura sobre possíveis propriedades neurofarmacológicas de espécies de *Passiflora*. Desses, apenas 6 trabalhos foram realizados entre a década de 70 e 90 e os 25 artigos restantes foram publicados após 2000. A maioria das investigações dizem respeito às espécies *P. incarnata* (17 artigos) e *P. edulis* (10 artigos). Com relação à parte da planta usada, 14 artigos relatam os efeitos neurofarmacológicos de extratos obtidos a partir das folhas. Existem poucos estudos sobre as propriedades neurofarmacológicas de outras partes da espécie *P. edulis*, segundo a autora.

Produtos elaborados com a casca do maracujá

Seguindo a tendência mundial de desenvolvimento de produtos com ingredientes que apresentam benefícios à saúde, a casca de maracujá torna-se uma alternativa interessante para ser explorada como um melhorador do índice glicêmico de produtos industrializados. Segundo alguns autores, alimentos com baixo índice glicêmico promovem menor elevação da glicemia pós-prandial devido à lenta taxa de digestão e absorção, enquanto os alimentos com alto índice glicêmico proporcionam aumento da glicemia por serem absorvidos mais rapidamente⁴¹.

A fim de avaliar o índice glicêmico de um cereal matinal elaborado com casca do maracujá como ingrediente rico em fibras, Leoro³ estudou a influência de alguns parâmetros do processo de extrusão. Os extrudados produzidos mostraram uma redução de 50 % no índice glicêmico *in vitro* comparado ao pão branco. Apesar de ter verificado a importância da adição da casca do maracujá na diminuição do índice glicêmico do produto, a autora ressaltou que a diminuição dos níveis de cianeto não foi considerada adequada, por não alcançar os níveis aceitáveis pela legislação.

O uso de extrato seco da casca de maracujá com intuito de proporcionar uma melhora na tolerância à glicose em dietas de indivíduos diabéticos também tem sido estudado. Ando et al⁴² elaboraram *cookie diet* a base de farinha de casca de maracujá-amarelo e analisaram a aceitação por parte dos consumidores. As melhores amostras, na opinião dos provadores, foram as que apresentaram menor teor de casca. Porém, a mais adequada para lanches especificamente dietéticos seria a que apresentou cinco vezes mais a quantidade de fibras; não foram analisados os níveis de cianogênicos no produto elaborado.

Com o objetivo de utilizar a casca do maracujá como ingrediente rico em fibras, Santana e Silva⁴ elaboraram biscoitos doces com farinha de albedo de maracujá. Para 1kg de biscoito, foram utilizados 35 % de trigo, 9 % de farinha de maracujá e outros ingredientes convencionais para formulação de biscoitos, como açúcar, gordura e água. A avaliação físico-química dos biscoitos mostrou que, em cada 100 g de produto, haviam 4,67 % de fibra e 4,97 % de proteína. Os autores também não avaliaram os níveis de cianogênicos nos biscoitos.

Silva et al⁵ investigaram a incorporação deste co-produto do maracujá amarelo como ingrediente em barras de cereais. Além de casca de maracujá, foram adicionados aveia em flocos, flocos de arroz e de milho, lecitina de soja e outros ingredientes coadjuvantes. As barras apresentaram teores de fibra alimentar total variando de 6,6 a 10,4 %. Foi verificada a presença de polifenóis totais tanto no resíduo de maracujá como nas barras. A barra de cereal que apresentou maior quantidade de polifenóis foi a formulação de maior teor de casca adicionada. Os autores também não testaram os níveis de cianogênicos finais presentes nas barrinhas.

Santos et al⁶ elaboraram biscoitos a partir de mandioca, casca de maracujá e farinha de trigo, buscando obter um produto com elevado valor nutritivo, características sensoriais aceitáveis e de custo acessível. Com a adição de 17 % de farinha de casca de maracujá foi possível obter um biscoito considerado como fonte de fibra, segundo o descrito na Portaria n. 27/1998 da ANVISA⁴³, e com aceitação por parte dos provadores na análise sensorial. No entanto, também não foi estudado o teor dos cianogênicos no biscoito elaborado.

Oliveira et al⁷ estudaram o aproveitamento da casca do maracujá amarelo para produção de doces em calda e sua aceitabilidade entre consumidores de diferentes faixas etárias. Foi constatado que a casca do maracujá constitui adequada matéria-prima para produção de doce em calda, é aceitável por várias faixas etárias de consumidores, além de ser um alimento alternativo de baixo custo para a população de baixa renda e se constituir em uma interessante complementação financeira aos pequenos empreendedores. Não foram testados teores de cianogênicos no produto.

Spanholi e Oliveira⁸ elaboraram um produto com propriedades funcionais a partir do albedo de maracujá. As dextrinas resistentes contidas nas fibras do albedo estão

em conformidade com as alegações da ANVISA com relação às propriedades funcionais. Os autores avaliaram a viabilidade de utilização de diferentes concentrações da farinha de albedo de maracujá na elaboração de massa alimentícia. Segundo eles, a massa adicionada de 10 % de farinha de albedo de maracujá teve melhor aceitação. Nesse estudo, também não foram testados níveis de cianogênicos nos produtos.

Matsuura⁹ desenvolveu barras de cereais adicionadas de casca de maracujá. A adição de até 7,8 % de albedo de maracujá na formulação das barras não alterou a aceitação sensorial do produto. O autor tratou o albedo do maracujá por imersão em salmoura, seguido de cozimento em pressão atmosférica, por 10 minutos, para eliminar os compostos cianogênicos. Foi alcançada uma redução dos cianogênicos a níveis inferiores a 10 ppm.

Nesta revisão, percebe-se que, entre os vários produtos que estão sendo desenvolvidos com a casca de maracujá, poucos estudos consideraram a quantificação dos cianogênicos residuais, item a ser avaliado como importante parte do estudo.

Diminuição de substâncias antinutricionais e tóxicas por meio do processamento por extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica para processar alimentos é uma excelente forma de modificar coprodutos da indústria alimentícia e transformá-los em ingredientes para serem adicionados em uma ampla variedade de produtos. Nascimento et al⁴⁴ utilizaram o resíduo da extração do óleo de gergelim para elaborar biscoitinhos extrudados, obtendo produto final enriquecido com fibras, proteína, cálcio e com boa aceitação pelos consumidores.

Alguns trabalhos mostraram que o processo de extrusão termoplástica também é muito eficaz em diminuir e inativar fatores antinutricionais e outras substâncias tóxicas. Mukhopadhyay et al⁴⁵ mostraram diminuição de até 61 % dos taninos do gergelim, mesmo trabalhando em temperaturas não muito altas (97 °C), em extrusora de parafuso único e com umidades altas (32-48 %), que para o processo de extrusão termoplástica, não são considerados como tratamento severo.

Kelkar et al⁴⁶, com o objetivo de reduzir a presença de lecitinas tóxicas e oligossacarídeos causadores de flatulências, utilizaram extrusão termoplástica para reduzir os efeitos desses compostos em farinha de feijão. Segundo os autores, houve uma significativa redução comparada ao cozimento tradicional por vapor. Eles

ainda acrescentaram que os resultados poderiam ser melhores se a razão feijão-água fosse maior.

Por meio do processamento por extrusão termoplástica também é possível acrescentar aditivos para diminuir as substâncias tóxicas presentes. Mulla et al⁴⁷ acrescentaram diferentes aditivos (ácido cítrico, glicina, L-lisina, cloreto de cálcio, lactato de cálcio, biotina, tiamina) e verificaram a redução de 65 % na formação de acrilamida em salgadinhos extrudados sem, no entanto, alterar as propriedades sensoriais dos salgadinhos.

Ascheri et al⁴⁸ processaram pinhão manso por extrusão termoplástica e observaram redução de 55 % em relação ao teor inicial de ésteres de forbol, que são os principais compostos tóxicos presentes.

Leoro³ processou casca de maracujá por extrusão termoplástica para elaborar cereal matinal a base de milho. O material foi processado em extrusora monorroscas de laboratório (Brabender). Os parâmetros de extrusão foram: parafuso com taxa de compressão de 3:1, rotação de 130 rpm, temperatura da última zona de extrusão variando de 120 a 160 °C, umidade entre 18 e 28 % e adição de farelo de maracujá de 0 a 30 %. Os resultados para os teores de compostos cianogênicos totais ficaram entre 0 e 254 mg/kg, sendo influenciado pelos teores de farelo adicionado e umidade de processamento. O autor mencionou que, em baixo teor de umidade, possivelmente ocorreu um rompimento da molécula de glicosídeo devido ao alto cisalhamento e alta pressão dentro da extrusora, liberando o HCN.

Pequenas modificações no equipamento (tipo da extrusora, matriz, rosca, entre outras) e na matéria-prima podem levar a diferentes resultados finais da qualidade, conforme descreve El-Dash⁴⁹. A umidade de processamento é um dos parâmetros que mais influencia a modificação dos materiais. Desta forma, poderão ser obtidos produtos completamente diferentes, apenas variando a umidade inicial da matéria-prima. Se a umidade for alta, o produto final terá um menor cozimento, exercerá menor pressão sobre a matriz, reduzirá a geração de calor e a transformação do produto também será diminuída.

Assim, o processo de extrusão termoplástica parece ser bastante eficaz na redução de compostos antinutricionais e na inativação de substâncias tóxicas presentes. Com a combinação de calor, força mecânica, pressão e teor de umidade é possível transformar os materiais e obter a redução total da parte tóxica do produto preservando seus nutrientes, conferindo qualidade e segurança ao produto final.

CONCLUSÃO

Os estudos mostraram que a casca do maracujá apresenta alto teor de fibras, que o torna um ingrediente promissor para o enriquecimento de formulações. Apesar dos benefícios à saúde atribuídos ao consumo de fibras, a utilização segura deste co-produto deve ser melhor investigada, devido a presença dos compostos cianogênicos, com potencial tóxico. Não há pesquisa suficiente para comprovar sua inocuidade após diferentes tipos de processamento, inclusive por extrusão termoplástica.

Com o desenvolvimento de novas pesquisas e a aplicação de tecnologia adequada poderá ser possível o aproveitamento deste co-produto para gerar produtos seguros e com alto valor agregado e, ao mesmo tempo, diminuir os danos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. Santos AAO, Santos AJAO, Alves AR, Santana FC, Silva JV, Marcellini PS, et al. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *J Tech Manag Innov*.2011;7(8):1-7.
2. ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Maracujá: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas; 1994.
3. Leoro MG. Desenvolvimento de cereal matinal extrusado [dissertação de mestrado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2007.
4. Santana MFS, Silva EFL. Elaboração de biscoitos com farinha de albedo de maracujá. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Embrapa Amazônia Oriental. (Comunicado Técnico, 194). CPATU (FL 10768 UMT); 2007.
5. Silva IQ, Oliveira BCF, Lopes AS, Pena RS. Obtenção de barra de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. *Alim Nutr*.2009;20(2):321-9.
6. Santos AAO, Santos AJAO, Alves AR, Santana FC, Silva JV, Marcellini PS. Elaboração de biscoitos a partir da incorporação de produtos da mandioca e casca de maracujá (*Passiflora edulis* Flavicarpa) na farinha de trigo. *Scient Plen*.2011;7(8):1-7.
7. Oliveira LF, Nascimento MRF, Borges SV, Ribeiro PCN, Ruback VR. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa) para produção de doce em calda. *Ciênc Tecnol Alim*.2002; 22(3):259-62.
8. Spanholi L, Oliveira VR. Utilização de farinha de albedo de maracujá (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) no preparo de massa alimentícia. *Alim Nutr*.2009;20(4):599-603.
9. Matsuura FU. Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais [tese de doutorado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2005.
10. Meletti LMM. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Rev Bras Frutic*.2011;Vol Esp:83-91.
11. Yapo BM, Koffi KL. Dietary fiber components in yellow passion fruit rind - a potential fiber source. *J Agric Food Chem*.2008;56:5880-3.
12. Córdova KRV, Gama TMMTB, Winter CMG, Neto GK, Freitas RJS. Características físico-químicas da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) obtida por secagem. *Bol CEPPA*.2005;23(2):221-30.
13. Gilcília ID. Efeitos da temperatura de secagem nos teores de compostos cianogênicos totais e fibra alimentar de casca de maracujá [dissertação de mestrado]. Goiânia (GO): Universidade Federal de Goiás; 2011.
14. Marlett JA, Michael IM, Joanne LS. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc*.2002;102.7: 93-1000.
15. Shils ME, Shike ROSS, Caballero B. Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença. 10ª ed. São Paulo: Manole; 2009.
16. Ministério da Saúde. Guia Alimentar para a População Brasileira. 2001. Disponível em: [http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05_1109_M.pdf].
17. Janebro DI, Queiroz MSR, Ramos AT, Sabaa-Sru AVO, Cunha MAL, Diniz MFFM. Efeito de farinha da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Deg.) nos níveis glicêmicos e lipídicos de pacientes diabéticos tipo 2. *Rev Bras Farmacogn*. 2008;18 (Supl.): 724-32.
18. Theuwissen E, Mensink RP. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiol Behav*.2008;94:285-92.
19. Silva DC, Freitas ALP, Pessoa CLOS, Paula RCM, Mesquita JX, Leal LKAM, et al. Pectin from *Passiflora edulis* shows anti-inflammatory actions well as hypoglycemic and hypotriglyceridemic properties in diabetic rats. *J Med Food*.2011;14(10):1118-26.
20. Ichimura T, Yamanaka A, Ichiba T, Toyokawa T, Kamada Y, Tamamura T, et al. Antihypertensive effect of an extract of *Passiflora edulis* rind in spontaneously hypertensive rats. *Biosci Biotech Biochem*.2006;70:718-21.
21. Kozakai T, Yamanaka A, Ichiba T, Toyokawa T, Kamada Y, Tamamura T, et al. Luteolin inhibits endothelin-1 secretion in cultured endothelial cells. *Biosci Biotech Biochem*.2005;69(8):1613-5.
22. Margis R, Cosner AF, Silveira RDO. Relação entre estressores, estresse e ansiedade. *Rev Psiquiat*.2003;65-74.
23. Watson RR, Zibadi S, Rafatpanah, Jabbari F, Ghasemi R, Ghafari J, et al. Oral administration of the purple passion fruit peel extract reduces wheeze and cough and improves shortness of breath in adults with asthma. *Nutr Res*.2008;28:166-71.
24. Farid R, Rezaieyadzi Z, Mirfeizi Z, Mirheidari M, Mansouri H, Esmaili H, et al. Oral intake of purple passion fruit peel extract reduces pain and stiffness and improves physical function in adult patients with knee osteoarthritis. *Nutr Res*.2010;30:601-6.
25. Instituto de Biotecnologia. Ensino de Botânica - Curso de atualização de professores de Educação Básica: A Botânica No Cotidiano. São Paulo: USP; 2008.
26. Spencer KC, Seigler DS. Cyanogenesis of *Passiflora*. *J Agric Food Chem*.1983;31(4):794-6.
27. Lambert JL, Ramasamy J, Paukstelis JV. Stable reagents for the colorimetric determination of cyanide by modified König reactions. *Anal Chem*.1975;47(6).

28. AOAC (1984): Hydrocyanic acid in beans, alkaline titration method. *In: Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*. Williams S (Ed) AOAC Inc., Arlington, VA, USA.
29. Chassagne D, Crouzet JC, Bayonove CL, Barimes RL, et al. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. *J Agric Food Chem*.1996;44(12):3817-20.
30. Bradbury MG, Egan SV, Bradbury JH. Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products. *J Sci Food Agric*.1999;79:593-601.
31. Burns AE, Bradbury JH, Cavagnaro TR, Gleadow RM. Analysis total cyanide content of cassava food products in Australia. *J Food Composit Anal*.2012;25(1):79-82.
32. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 53, 15 de junho de 2000. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de mistura à base de farelo de cereais. Brasília, 2000. 12p.
33. Halstrom F, Moller KD. The content of cyanide in human organs from cases of poisoning with cyanide taken by mouth with a contribution to the toxicology of cyanides. *Acta Pharmacol Toxicol*.1945;1:18-28.
34. Cliff JA, Marti A, Molin HR. Mantakassa: An epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area of Mozambique. Part I: Epidemiological and clinical and laboratory findings in patients. *WHO Bull*.1984;62:477-84.
35. Ministry of Health. Mantakassa: An epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area of Mozambique. Part II: Nutritional factors and hydrocyanic acid content of cassava products. *WHO Bull*.1984;62:485.
36. Adamolekun B. Neurological disorders associated with cassava diet: a review of putative etiological mechanisms. *Metab Brain Dis*.2011; 79-85.
37. Hipólito N, Cliff J. Konzo: from poverty, cassava, and cyanogen intake to toxico-nutritional neurological disease. *PLoS Negl Trop Dis*.2011;5(6):1-8.
38. Medeiros JS, Diniz MFFM, Sabaa-Srur AVO, Pessoa MB, Cardoso MAA, Carvalho DF et al. Ensaio toxicológicos clínicos da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*, F. Flavicarpa), como alimento com propriedade de saúde. *Rev Bras Farmacogn*.2009; 19(2A):394-9.
39. Maluf E, Barros HMT, Frochtengartin ML, Benti R, Leite JR. Assessment of the hypnotic/sedative effects and toxicity of *Passiflora edulis* aqueous extract in rodents and humans. *Phytother Res*.1991;5(6):262-6.
40. Sena LM. Atividade neurofarmacológica do pericarpo dos frutos de *Passiflora edulis* variedade Flavicarpa Degener (maracujá) em camundongos: envolvimento de flavonóides C-glicosídeos [tese de doutorado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2009.
41. Carvalho GQ, Alfenas RCG. Índice glicêmico: uma abordagem crítica acerca de sua utilização na prevenção e no tratamento de fatores de risco cardiovasculares. *Rev Nutr*.2008; 21(5):577-87.
42. Ando N, Postau C, Zambrano F, Rigo M, Wagner AS, Coutinho MR et al. Elaboração de *cookie diet* com farinha de casca de maracujá-amarelo. XVI Encontro Anual de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR. 2007.
43. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº. 27, de 13 janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial [da] República Federativa [do] Brasil*. Brasília, DF, 16 de janeiro de 1998.
44. Nascimento EMGC, Carvalho CWP, Takeiti CV, Freitas DGC, Ascheri JLR et al. Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Res Int*.2012;45:434-44.
45. Mukhopadhyay N, Bandyopadhyay S. Extrusion cooking technology employed to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (*Sesamum indicum*) meal. *J Food Eng*.2003;56:201-2.
46. Kelkar S, Siddig M, Harti JB, Dolan KD, Nyombaire G, Suniaga H. Use of low-temperature extrusion for reducing phytohemagglutininactivity(PHA) and oligosaccharides in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Navy and Pinto. *Food Chem*.2012;133:1636-9.
47. Mulla MZ, Bharadwaj VR, Annapure US, Singhal RS. Effect of formulation and processing parameters on acrylamide formation: A case study on extrusion of blends of potato flour and semolina. *LWT Food Sci Technol*.2011;44:1643-8.
48. Ascheri JLR, Carvalho CWP, Machado AFF, Antonia SSIR, Mendonça S, Juan ARR, et al. Efeito de CaO (cálcio) no processamento da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) por extrusão. *In: 2º Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-Manso*. Brasília, 2011.
49. El-Dash AA. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. *In: Pomeranz Y, Munich L. Cereals: a renewable resource, theory and practice*. Saint Paul: Am Assoc Cereal Chem. 1981.