



LUAN ALBERTO ANDRADE

**MUCILAGEM DO RIZOMA DE TARO:
TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO E DE
CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS**

LAVRAS – MG

2016

LUAN ALBERTO ANDRADE

**MUCILAGEM DO RIZOMA DE TARO: TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO E
DE CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos,
para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Joelma Pereira

Coorientador

Dr. Cleiton Antônio Nunes

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Andrade, Luan Alberto.

Mucilagem do rizoma de taro: técnicas de extração e de
caracterizações físicas e químicas / Luan Alberto Andrade. – Lavras:
UFLA, 2016.

88 p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Bibliografia.

1. Aditivo natural. 2. Aminoácidos hidrofóbicos. 3. Emulsificante
Natural. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

LUAN ALBERTO ANDRADE

**MUCILAGEM DO RIZOMA DE TARO: TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO E
DE CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2016.

Dr. Cleiton Antônio Nunes	UFLA
Dra. Ivana Aparecida da Silveira	UNILAVRAS
Dra. Luciane Vilela Resende	UFLA
Dra. Patrícia de Fátima Pereira Goulart	UNILAVRAS

Dra. Joelma Pereira
Orientadora

LAVRAS - MG

2016

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por tudo que me tem proporcionado, pois sem Ele não seria ninguém.

A Nossa Senhora Aparecida e Santa Terezinha, pela intercessão e proteção.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade de realizar meus estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado.

À minha orientadora, Joelma, por acreditar em mim, pela paciência, honestidade no trabalho, atenção, entusiasmo, ensinamentos e por estar sempre presente.

Ao professor Cleiton, pela atenção e por estar sempre disponível para ajudar.

À Empresa Metachem, pelo fornecimento da goma arábica.

Aos Departamentos de Química (Análise de Infravermelho), Ciências Florestais (Análises Térmicas) e Fitopatologia (Microscopia Eletrônica de Varredura), pelo auxílio nas análises realizadas e ao Departamento de Biologia, em especial ao Dartagnan, pelo uso do liofilizador.

A “CBO Análises Laboratoriais”, pelas análises cromatográficas realizadas.

Aos meus queridos pais, Vanusa e José Alberto, pelo amor, carinho, paciência, atenção e por todos os excelentes ensinamentos.

À minha adorável e linda amiga e namorada, Samara, pelo amor, carinho, paciência e ajuda nas horas mais difíceis, pois, com certeza, sem ela não chegaria aqui.

À minha querida irmã, Luna, pelo carinho, paciência e atenção.

Aos meus queridos avós, Maura, Dokinha, Antônio e Sebastião (*in memoriam*), pelo amor acima de tudo, incentivo e ensinamentos.

À minha linda afilhada, Laís e aos meus tios adoráveis, Wanda, Gilnei e Maria.

Aos pais da minha namorada, Hermes e Sueli, pelo carinho.

A todos os funcionários do DCA, pela ajuda para a concretização desse trabalho.

A todos os amigos do Laboratório de Grãos Raízes e Tubérculos (DCA), Amanda, Ana Alice, Ana Salomé, Anderson, Carina, Carolina, Dani, Derlyene, Edmar, Esperança, Fausto, Gisele, Isabela, Istênio, Janyelle, João Renato, Layla, Lays, Loana, Lucinéia, Monise, Natália, Raul e Vinícius.

À amiga Juliana de Oliveira Silva Giacoppo, pela amizade e atenção.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e atenção.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

RESUMO GERAL

A mucilagem proveniente do rizoma de taro (*Colocasia esculenta*) (MT) pode desempenhar papel de interesse na indústria de alimentos, como emulsificante natural, principalmente quando adicionada a produtos de panificação. Porém, não há, ainda, uma técnica padrão de sua extração que, conseqüentemente, leve à variação dos componentes químicos, podendo, assim, alterar a sua propriedade tecnológica. Portanto, desenvolveu-se, no presente trabalho, a caracterização de várias formas de extração da MT (mucilagem bruta - MB, mucilagem bruta precipitada com etanol - MBE, mucilagem extraída à temperatura quente - MQ, mucilagem extraída a quente e precipitada com etanol - MQE e mucilagem extraída a frio - MF), com o objetivo de eliminar componentes que interfiram em sua propriedade emulsificante. A partir da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e pelo teste de iodo, detectou-se a presença de amido em todas as extrações, exceto na MF. A proteína foi detectada pelo teste de biureto e pelo espectro de infravermelho com reflectância total atenuada (FTIR-ATR), em todas as mucilagens. Esta macromolécula é responsável pela parte hidrofóbica da ação emulsificante da MT, por isso é importante a sua presença. A parte hidrofílica é devido à fração glicídica não amilácea. A amostra com maior atividade e estabilidade emulsificante foi a MF, devido à retirada total de amido e, portanto, maior concentração da molécula emulsificante. Pela análise dos componentes principais (PCA) dos espectros de FTIR-ATR foi possível mostrar que a MF é diferente das demais, devido, principalmente, às bandas específicas de proteína (1.552 cm^{-1} e 1.570 cm^{-1}) e uma banda específica de carboidratos (980 cm^{-1}). Com a purificação da mucilagem pela técnica a frio pode-se aumentar o teor de proteína e cinzas, e diminuir a fração glicídica, devido à ausência do amido e de carboidratos solúveis em álcool etílico. Além disso, a mucilagem purificada (MP) é formada, principalmente, por arabinogalactanas e pode estar ligada a proteínas, formando a glicoproteína AGP (proteína-arabinogalactana), podendo esta macromolécula ser responsável pelo poder emulsificante, como ocorre na goma arábica. Em relação ao comportamento térmico, ambas, MP e MB, demonstram maior perda de massa à temperatura média de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que inviabiliza o seu uso acima dessa temperatura. Portanto, a MP, isto é, extraída a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, pode ser utilizada como aditivo natural, com maior ação de melhorador que a MB, devido à retirada de impurezas, a partir de um processo simples a frio e precipitação com álcool etílico.

Palavras-chave: Aditivo natural. Aminoácidos hidrofóbicos. Emulsificante Natural. Extração a frio. Hidrocoloide.

GENERAL ABSTRACT

The mucilage from the rhizome of taro (*Colocasia esculenta*) (MT) may play an important role of interest in the food industry as a natural emulsifier, especially when added to bakery products. However, there is not a standard technique of its extraction, consequently, lead to the variation of the chemical components and may altering its technological property. Therefore, it was developed in the present work, the characterization of various forms of extraction MT (Gross Mucilage - MB, Gross Mucilage precipitated with ethanol - MBE, Mucilage extracted at hot temperature - MQ, Mucilage extracted hot and precipitated with ethanol - MQE and Mucilage extracted cold - MF), with the aim of eliminating components that interfere with its emulsifying property. From scanning electron microscopy (SEM) and by iodine test detected the presence of starch in all extractions, except in MF. The protein was detected by the biuret test and by the infrared spectrum with attenuated total reflectance (FTIR-ATR) in all mucilages. This macromolecule is responsible for the hydrophobic part of the emulsifying action of the MT, so it is important their presence. The hydrophilic part is due to glycidic fraction and not starchy. The sample with higher activity and emulsifying stability was MF, due to complete removal of starch and thus higher concentration of emulsifier molecule. By the spectra of principal component analysis (PCA) of FTIR-ATR it was possible to show that the MF is different from the others, due mainly to specific protein bands (1552 cm^{-1} and 1570 cm^{-1}) and a specific band of carbohydrates (980 cm^{-1}). With the purification of the mucilage cold technique can increase the protein and ash content, and decrease the glycidic fraction due to the absence of starch and soluble carbohydrates into ethanol. Furthermore, the purified mucilage (MP) is formed mainly of arabinogalactan and can be linked to proteins, forming the glycoprotein AGP (arabinogalactan-protein), which may be responsible for the macromolecule emulsifying power, as occurs in gum arabic. Regarding the thermal behavior, both MP and MB demonstrate greater weight loss to the average temperature of $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, which prevents its use above this temperature. Therefore, MP, that is extracted at $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, it can be used as a natural additive that aids in enhancing the MB due to the removal of impurities from a simple cold process and precipitation with ethanol.

Keywords: Natural Additive. Hydrophobic Amino Acids. Natural Emulsifier. Cold extraction. Hydrocolloid.

LISTA DE ABREVIATURAS

AGP. proteína-arabinagalactana
ATG. análise termogravimétrica
CSL. estearoil-2-lactil-lactato de cálcio
DATEM. diacetil tartarato de mono e diglicerídeos
DRX. difratometria de raios X
DTA. análise térmica diferencial
FTIR-ATR. infravermelho com reflectância total atenuada
GA. goma arábica
MB. mucilagem bruta
MBE. mucilagem bruta precipitada com etanol
MEV. microscopia eletrônica de varredura
MF. mucilagem extraída a frio
MP. mucilagem purificada
MQ. mucilagem extraída a quente
MQE. mucilagem extraída a quente precipitada com etanol
MT. mucilagem de taro
PCA. análise de componentes principais
SSL. estearoil-2-lactil-lactato de sódio

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	10
1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Divergências entre as denominações populares e científicas de taro, inhame e cará	12
2.2	Rizoma de taro (<i>Colocasia esculenta</i>).....	14
2.3	Mucilagens.....	16
2.3.1	Mucilagem proveniente do rizoma de taro	17
2.3.1.1	Tipos de extrações	19
2.3.1.2	Potenciais utilizações da mucilagem de taro e sua ação emulsificante.....	23
3	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	39
	ARTIGO 1 Técnicas de extração e capacidade emulsificante da mucilagem proveniente do rizoma de taro.....	39
	ARTIGO 2 Caracterização da mucilagem de taro bruta e purificada.....	66

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O taro (*Colocasia esculenta*) é originário de regiões tropicais úmidas da Ásia e pertence à família Araceae. No Brasil, é comumente confundido com a hortaliça inhame (*Dioscorea* sp.), apesar das suas diferenças físicas. É cultivado, principalmente, nos estados da região centro-sul brasileira, estando presente em quase todos os municípios mineiros (BRASIL, 2010).

O rizoma de taro tem elevado teor de umidade e de fração glicídica (FRANCO, 1998), tendo o amido como principal componente, formado por pequenos grânulos (JANE et al., 1992). Ele também é rico em mucilagem (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; HONG; NIP, 1990), um hidrocoloide de coloração clara e aparência viscosa (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015).

A mucilagem proveniente do rizoma de taro pode ser utilizada em diversas áreas, como na farmacêutica (ALALOR; AVBUNUDIOGBA; AUGUSTINE, 2014) e de alimentos (TAVARES et al., 2011) na forma de pó. No caso da indústria de alimentos pode ser utilizada como emulsificante natural na panificação, apresentando resultados para características sensoriais tão bons quantos os pães de forma adicionados de emulsificantes comerciais sintéticos e com boa aceitação pelo público (CONTADO et al., 2009; TAVARES, 2009).

Devido à preferência por alimentação mais saudável, as pessoas preferem alimentos com aditivos naturais que, além de trazerem benefícios ao organismo, muitas vezes são mais baratos e viáveis que os sintéticos.

Em geral, a composição química da mucilagem de taro é composta por elevado teor de carboidratos, tendo como principais açúcares galactose, arabinose e manose (JIANG; RAMSDEN, 1999; NJINTANG et al., 2011). Também há uma fração proteica, pouco estudada, sendo lisina, triptofano,

cisteína, isoleucina e leucina os principais aminoácidos. A presença de leucina, isoleucina e triptofano pode contribuir para o poder emulsificante da mucilagem, devido ao fato de o radical desses aminoácidos ser parcialmente ou totalmente hidrofóbico (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015).

Acredita-se que a glicoproteína AGP (proteína-arabinogalactana), presente em grande quantidade na mucilagem de taro (JIANG; RAMSDEN, 1999) seja a principal responsável pela sua ação emulsificante, sendo os carboidratos responsáveis pela parte hidrofílica e as proteínas com radicais não polares contribuem com a parte hidrofóbica (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015). Todo emulsificante formado por uma fração hidrofílica e outra hidrofóbica.

Porém, observa-se, na literatura, que há divergências na composição química da mucilagem de taro, o que pode ser devido a não padronização da sua técnica de extração que, conseqüentemente, leva à alteração do seu rendimento e pureza. Alguns trabalhos mostram que o amido, o principal componente do rizoma, seria uma impureza presente na mucilagem, podendo alterar as suas aplicações tecnológicas (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; LIN; HUANG, 1993).

Devido à importância da mucilagem de taro como possível aditivo natural na indústria de alimentos, é importante padronizar a sua forma de extração onde não haja contaminantes e, sim, uma maior concentração do componente responsável pelo seu poder emulsificante. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar várias técnicas de extração da mucilagem de taro, visando à sua pureza, isto é, ausência amido e com maior percentagem proteica, e, assim, caracterizá-la por diversas técnicas e justificar a sua ação emulsificante, sempre a comparando com a mucilagem bruta, anteriormente já comprovada com função de emulsificante na panificação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Divergências entre as denominações populares e científicas de taro, inhame e cará

Em face da semelhança que apresentam alguns tipos de sistema subterrâneo de *Dioscorea* com aqueles das espécies de *Colocasia*, observa-se, em muitos trabalhos publicados na literatura brasileira, certa confusão na terminologia utilizada para definir estruturas, principalmente em algumas espécies de inhame, cará (PEDRALLI et al., 2002) e taro.

A padronização da nomenclatura do inhame e do cará no território nacional foi determinada por ocasião do 1º Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Cará, realizado em Venda Nova do Imigrante, ES, em 2001. Naquela ocasião ficou estabelecido que o cará, cujo tubérculo é muito cultivado nas regiões norte e nordeste do Brasil, passaria a ter denominação definitiva de inhame (*Dioscorea* spp.) e o inhame, rizoma popularmente conhecido no sul, sudeste e centro-oeste brasileiro, passaria a ter a denominação taro (*Colocasia esculenta*), como é conhecido mundialmente no mercado econômico (MAESTRI; ARAUJO, 2003; SANTOS et al., 2007). Portanto, a denominação cará não é mais utilizada e, sim, inhame. Porém, ainda levará um tempo para as pessoas se habituarem a essa padronização.

Na Figura 1 encontram-se as plantas e as túberas de inhame e as plantas e rizomas de taro, em que se pode observar que não há grandes semelhanças físicas entre eles.



Figura 1 A) Plantas e túberas de inhame (*Dioscorea* sp.) e B) Plantas e rizomas de taro (*Colocasia esculenta*). Fonte: Paula (2009)

O inhame tem mais de 600 espécies, das quais apenas 14 são utilizadas como alimento. No sudeste brasileiro, por exemplo, cultiva-se a ‘Flórida’, a cultivar mais utilizada comercialmente. Este tubérculo tem casca marrom-clara, forma alongada e polpa granulosa (BRASIL, 2010).

O rizoma central e numerosos rebentos laterais são as partes comestíveis da planta de taro, sendo revestidos por uma túnica fibrosa e apresentando numerosas radículas. A coloração mais comum de sua polpa é branca ou cinza-arroxeadas (BRASIL, 2010).

2.2 Rizoma de taro (*Colocasia esculenta*)

O taro (*Colocasia esculenta*) é um importante alimento básico para milhões de pessoas, sendo cultivado exclusivamente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, raramente em grandes plantações, mas em pequenas propriedades com pouca tecnologia (HUANG; CHEN; WANG, 2007). É uma planta originária de regiões tropicais úmidas da Ásia (Índia, Bangladesh e Myanmar) e pertencente à família Araceae. Caracteriza-se por suas enormes folhas verde-escuras, limbo na forma de coração, pecíolo verde ou arroxeadado, longo e inserido no meio da folha. A altura pode variar entre 30 cm a 180 cm, de acordo com a cultivar (BRASIL, 2010). Seu caule é modificado em rizoma amiláceo, constituindo a parte comestível da planta. Suas raízes são abundantes e fasciculadas (SANTOS; PUIATTI, 2002).

O taro é caracterizado como uma hortaliça não convencional, cultivado no Brasil como uma cultura de subsistência, porém, nos últimos anos, começou a ser cultivado comercialmente, sobretudo nos estados de Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (NUNES et al., 2012).

O principal componente químico desse rizoma é o amido, com teor que varia de 70% a 80%, sendo conhecido por apresentar grânulos relativamente pequenos, quando comparado a outras amiláceas (JANE et al., 1992; NIP, 1990, 1997), com digestibilidade da ordem de 97%, proporcionando eficiente liberação dos componentes durante a digestão (STANDAL, 1983), fato que torna o taro interessante na alimentação de crianças e idosos (PUIATTI et al., 2003).

Para Franco (1998), os rizomas de taro têm elevado teor de umidade e de fração glicídica, 73,1% e 14,6%, respectivamente, e pequena quantidade de proteínas e lipídeos, 1,5% e 0,2%. São moderadamente boas fontes de vitaminas solúveis em água, tais como tiamina, riboflavina e ácido ascórbico, em

comparação a outras raízes tropicais, além de ser excelente fonte de minerais, especialmente o ferro (HUANG; CHEN; WANG, 2007; SANTOS et al., 2007). Essa amilácea também é rica em mucilagem e a quantidade de até 9,63% de mucilagem bruta já foi extraída de seus rizomas (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; HONG; NIP, 1990).

Há um grande número de potencialidades para o taro, destacando-se as aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de produtos químicos e de rações para animais de todos os portes (LIMA, 2002). As propriedades medicinais de algumas espécies garantem seu emprego na farmacologia, como depurativo sanguíneo e na síntese de cortisona e hormônios esteroides (CARMO; BOREL, 2002), além de apresentarem propriedades reológicas com considerável potencial como espessante, estabilizante e emulsificante em sua mucilagem (NJINTANG et al., 2011; TAVARES, 2011). A farinha residual proveniente da extração da mucilagem desse rizoma, chamada de farinha desmucilada por Andrade et al. (2015), pode ser utilizada, em até 20% de concentração, em bolos, sem alterações expressivas que desfavoreçam o produto final, do ponto de vista tecnológico e sensorial. Neste mesmo trabalho, a farinha desmucilada revelou elevados teores de fibra alimentar, amido e microminerais, o que justificou a sua utilização.

Tanto o taro (*Colocasia esculenta*) quanto o inhame (*Dioscorea* sp.), que encontram divergências entre suas denominações populares e científicas no Brasil, podem ser consumidos na forma cozida, frita, assada ou em forma de pães (agindo como emulsificante, por exemplo, a partir da sua mucilagem), pois é necessário calor para decompor os componentes antinutricionais e irritantes que dão o sabor acre e picante, quando consumidos crus (MAESTRI; ARAUJO, 2003; TAVARES, 2009). Os problemas antinutricionais estão relacionados à presença de cristais de oxalato de cálcio e outras substâncias acídicas e proteináceas (REIS, 2011).

2.3 Mucilagens

As mucilagens são vastamente encontradas na natureza, podendo ser de origem microbiana, animal e vegetal. A composição de cada mucilagem pode ser diferente, tendo em sua composição diferentes tipos de açúcares que podem lhes conferir diversas funções (RENARD et al., 2012), além de outros componentes químicos em menores proporções.

A mucilagem, em geral, é uma substância gomosa encontrada nos vegetais. Do ponto de vista físico, é um sistema coloidal líquido, sendo, portanto, um hidrogel; quimicamente, é constituída por água, pectinas, açúcares e ácidos orgânicos (MISAKI; ITO; HARADA, 1972). Para Deogade, Deshmukh e Sabakar (2012), é um hidrocoloide vegetal, de estrutura amorfa e translúcida, resultante da polimerização de um ou mais monossacarídeos, e muitos deles têm combinação com ácidos urônicos.

As mucilagens, muitas vezes denominadas hidrocoloides, fazem parte da composição das fibras que se encontram presentes, em sua maior parte, nos cereais integrais, nos legumes, nas leguminosas e nas hortaliças, como, por exemplo, no rizoma de taro, e nas frutas, sendo inúmeros os benefícios que o seu consumo pode trazer (HOU; HSU; LEE, 2002). Para Branco (2011), já existe grande uso de hidrocoloides, como goma arábica e goma guar, como fonte de fibra dietética solúvel. Os benefícios nutracêuticos potenciais vão desde a redução do colesterol à prevenção do risco de câncer.

Na literatura encontram-se estudos com diversas mucilagens de origem natural, porém, com pouca ou nenhuma aplicação em grande escala comercial, podendo-se citar a mucilagem de ora-pro-nóbis, de quiabo, de feno-grego, de inhame, de taro, de jaracatiá e de diversas sementes, como a de *Dyospyros melonoxylon* Roxb. e outras (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; CONCEIÇÃO et al., 2014; CONTADO et al., 2009; EL-MAHDY; EL-

SEBAIY, 1984; FACCIO et al., 2015; LIMA JÚNIOR et al., 2013; NJINTANG et al., 2011; SINGH; BOTHARA, 2014; TAVARES et al., 2011). Todas essas mucilagens são compostas, principalmente, por polissacarídeos, porém, cada uma tem tipos e razões monossacarídicas e componentes minoritários diferentes, podendo cada uma ter aplicações e funções em diversas áreas, sejam alimentícias ou não alimentícias.

As características e as vantagens, como a biodegradabilidade, o baixo custo de obtenção e o processamento não agressivo ao meio ambiente são aplicadas aos materiais naturais obtidos de plantas (JANI et al., 2009). Por isso, há um grande interesse pelo estudo da mucilagem pura do rizoma de taro, principalmente para aplicação alimentícia como aditivo natural.

2.3.1 Mucilagem proveniente do rizoma de taro

O rizoma de taro tem certa quantidade de mucilagem na sua estrutura e todos os trabalhos que citam esse hidrocoloide destacam o seu elevado teor de carboidrato. A proporção e a presença de alguns monossacarídeos podem se alterar devido a diferentes formas de extração, condições de cultivo e fisiologia do rizoma utilizado.

Andrade, Nunes e Pereira (2015), Contado et al. (2009) e Tavares et al. (2011) encontraram a fração glicídica na mucilagem de taro de 88,19%, 65,18% e 91,94%, respectivamente. A diferença nos teores está relacionada, principalmente, ao estágio fisiológico dos vegetais e ao local onde foram cultivados, pois a forma de extração foi a mesma. No inhame/taro, o teor máximo de matéria seca é alcançado próximo da maturação fisiológica, enquanto o teor máximo de proteínas ocorre bem antes do período de maturação. O maior acúmulo de amido ocorre aos seis meses após o plantio, havendo uma

redução no oitavo mês (BRILLOUET; TRECHE; SEALY, 1981; KETIKU; OYENUGA, 1973).

Para Lin e Huang (1993), os monossacarídeos presentes em maior proporção na mucilagem de taro são galactose, glicose e arabinose. Njintang et al. (2011) encontraram galactose, manose e arabinose nessa mesma mucilagem, porém, proveniente de seis variedades diferentes. Jiang e Ramsden (1999) também relataram elevado teor de galactose e arabinose, e isto pode estar relacionado com a presença da macromolécula AGP (glicoproteína: proteína-arabinogalactana).

Andrade, Nunes e Pereira (2015) encontraram, como principais monossacarídeos, glicose, frutose e galactose. O elevado teor de glicose na mucilagem foi devido à simples extração com tecido de poliéster, que deixa parte das moléculas de amido passar, sendo considerado como impureza. Neste mesmo trabalho, os autores fizeram uma simulação dos dados, desconsiderando todo o amido presente, como se a mucilagem tivesse sido totalmente purificada, e houve um destaque para os monossacarídeos frutose (48,45%), galactose (26,97%), manose (9,31%), fucose (7,88%) e arabinose (5,49%). Neste caso, pode haver uma concentração maior de AGP, a qual poderia ser a responsável pelo poder emulsificante, pois, segundo Jiang e Ramsden (1999), a mucilagem de taro tem entre 93,2% a 98,2% de AGP, molécula também presente na goma arábica, também chamada de acácia.

Um segundo componente com menor proporção do que o carboidrato presente nessa mucilagem é a proteína, podendo seu teor variar de 2,1% a 50% (LIN; HUANG, 1983; NJINTANG et al., 2011). O seu perfil de aminoácidos não é muito investigado. Njintang et al. (2011) encontraram, como principais aminoácidos, o ácido aspártico/asparagina e o ácido glutâmico/glutamina. Andrade, Nunes e Pereira (2015) encontraram lisina, triptofano, cisteína, isoleucina e leucina como principais aminoácidos. A presença de leucina,

isoleucina e triptofano pode contribuir para o poder emulsificante da mucilagem, devido ao fato de o radical desses aminoácidos ser parcial ou totalmente hidrofóbico (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015).

Além dos carboidratos e proteínas, pode-se encontrar a presença de minerais na mucilagem de taro, variando entre 1,8% a 5,33% (EL-MAHDY; EL-SEBAIY, 1984; TAVARES et al., 2011). Os principais minerais encontrados são K, Cu, Mn, Zn e Fe (NAGATA; ANDRADE; PEREIRA, 2014; TAVARES et al., 2011).

Para Lin e Huang (1993), a mucilagem de taro é solúvel em água, além de ser considerada um fluido newtoniano. Já para Alalor, Avbunudiogba e Augustine (2014), a mucilagem da *Colocasia esculenta* é solúvel em água quente, incha em água fria para formar gel e é insolúvel em compostos como etanol, benzeno e acetona. Porém, essas características físicas podem alterar conforme a técnica de extração.

Outro fator que varia muito, dependendo da extração, além dos componentes químicos, é o rendimento da mucilagem, que pode estar entre 2,5% a 25% (ALALOR; AVBUNUDIOLGBA; AUGUSTINE, 2014; EL-MAHDY; EL-SEBSIY, 1984). Jiang e Ramsden (1999) relatam que a variedade de condições de extração da mucilagem utilizada em alguns estudos torna a comparação da percentagem de mucilagem no rizoma de taro ainda mais difícil. Essas variações, consequentemente, podem alterar as aplicações tecnológicas da mucilagem e, por isso, há um grande interesse pela padronização dessa extração.

2.3.1.1 Tipos de extrações

A estrutura química de hidrocoloides, como as gomas e as mucilagens, varia de acordo com a extração e o material de origem, e eles podem ter uma ou mais propriedades físicas que são comercialmente úteis. Estes materiais são

amplamente utilizados como aditivos em processos industriais de pintura, farmacêutica e de alimentos (MERCÊ et al., 2001).

No caso do rizoma de taro, ainda não há uma padronização na extração da sua mucilagem, sendo, portanto, encontrada de diversas maneiras na literatura. Variam temperatura, proporção de água, forma de filtração, precipitação com agente orgânico, formas de purificação e secagem (ALALOR; AVBUNUDIOGBA; AUGUSTINE, 2014; CONTADO et al., 2009; EL-MAHDY; EL-SEBAIY, 1984; JIANG; RAMSDEN, 1999; LIN; HUANG, 1993; NJINTANG et al., 2011; SARKAR et al., 2014).

Devido a não padronização de extração, encontram-se variações no rendimento, na composição química e nas características físicas dessas mucilagens, alterando as possíveis aplicações industriais.

Para Tavares et al. (2011), a forma mais prática de fazer uso industrial da mucilagem de taro é na forma em pó. Existem várias maneiras de desidratar a mucilagem e uma delas é a liofilização, que mantém as características do taro *in natura*.

Dentre os processos de secagem, o processo a vácuo é uma forma muito eficiente para secagem de materiais, pois diminui a pressão de vapor da água e provê maior gradiente de temperatura entre o meio de aquecimento e o material (FERREIRA; SILVEIRA JÚNIOR, 1999).

Junqueira (2015) avaliou a aplicação de hidrocoloides extraídos de *Pereskia aculeata* (ora-pro-nóbis) por duas formas diferentes de secagem, liofilização e estufa a vácuo. Este autor verificou que o método de secagem utilizado e a concentração não interferiram na capacidade emulsificante da mucilagem.

A forma mais simples encontrada na literatura para extração da mucilagem de taro é a partir de lavagem, descascamento e trituração do seu rizoma em liquidificador e posterior filtração em tecido de poliéster e

liofilização (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; CONTADO et al., 2009; TAVARES et al., 2011).

Njintang et al. (2011) extraíram a mucilagem de taro de seis variedades diferentes, por meio de um processo mais sofisticado, utilizando vários componentes químicos para extração, além da utilização de álcool etílico para precipitação, enzimas para degradação do amido e temperatura baixa (4 °C) e elevada (80 °C). Neste trabalho chegou-se a uma mucilagem com elevado teor de carboidratos e proteínas.

Outra forma de extração é utilizando o etanol, temperatura a 4 °C, centrifugações, enzimas para remoção do amido, uso de vários reagentes químicos, como o ácido tricloroacético, e liofilização para secagem (JIANG; RAMSDEN, 1999). É um processo mais caro, quando comparado ao utilizado por Andrade, Nunes e Pereira (2015), Contado et al. (2009) e Tavares et al. (2011), obtendo-se mucilagem mais pura, porém, com utilização de muitas etapas e reagentes químicos que, além de produzir grande quantidade de resíduos para o meio ambiente, podem alterar a natureza da mucilagem nativa.

Alalor, Avbunudiogba e Augustine (2014) extraíram a mucilagem de *Colocasia esculenta* por trituração, encharcamento em água destilada por 6 horas, cozimento, filtração em tecido, precipitação utilizando-se acetona e secagem em forno a 40 °C. Esta forma de extração pode não ser vantajosa no caso de a mucilagem ser utilizada como emulsificante natural, pois o teste para proteína foi negativo. De acordo com Andrade, Nunes e Pereira (2015), a fração proteica com seus radicais apolares pode contribuir como parte hidrofóbica de um material anfifílico.

El-Mahdy e El-Sebaiy (1984), em um trabalho mais antigo, também extraíram a mucilagem de taro por temperatura a quente. O taro foi triturado em água, aquecido para inativação das enzimas, filtrado em tecido, precipitado com acetona e lavado com etanol. A sua purificação foi realizada com ácido

tricloroacético. O material foi centrifugado, neutralizado, precipitado com álcool etílico e lavado com o mesmo álcool citado, acetona e dietil éter, com posterior secagem à temperatura ambiente. A elevada percentagem de glicose encontrada pode ser devido à presença de amido, sendo considerada como impureza.

Lin e Huang (1993) realizaram extração, comparando as temperaturas de 4 °C e 70 °C, como no trabalho anterior. Os autores precipitaram a mucilagem com etanol e utilizaram de ácido tricloroacético para a retirada de proteínas solúveis e secagem a 40 °C. Não foi encontrado amido na extração a 4 °C, mostrando que a extração da mucilagem de taro deve ser a temperaturas mais baixas, para evitar a presença de componentes amiláceo.

O interessante no cenário atual é padronizar uma forma de extração da mucilagem de taro, evitando a presença de impurezas, como o amido, utilizando o mínimo possível de reagentes químicos que podem, além de alterar sua estrutura nativa, tirar o efeito de aditivo natural, como emulsificante.

Um entendimento sobre as propriedades físico-químicas e estruturais da mucilagem de taro é essencial para a exploração do seu potencial como aditivo em alimentos, principalmente para padronizar a sua melhor forma de extração. Vários métodos e técnicas analíticas podem ser utilizados para conhecer o potencial da mucilagem, como cromatografia, infravermelho, análises térmicas, difração de raios X, entre outros.

Técnicas de microscopia e imagem também são adequadas para avaliar a estrutura de alimentos, como a mucilagem, porque elas são os únicos métodos analíticos que produzem resultados em forma de imagens em vez de números (KALÁB; ALLAN-WOJTAS; MILLER, 1995).

2.3.1.2 Potenciais utilizações da mucilagem de taro e sua ação emulsificante

Para Singh e Bothara (2014), gomas e mucilagens, que em sua maior parte são solúveis em água, têm amplas aplicações na indústria alimentícia e não alimentícia. Seu uso depende das suas propriedades físico-químicas que, muitas vezes, são obtidas a custos inferiores aos de polímeros sintéticos.

Os hidrocoloides adicionados em alimentos devem apresentar sabor neutro, ser termooestável e de fácil dispersão, além de fornecer corpo, conferir resistência à variação de temperatura e ser de baixo custo (LIMA JÚNIOR et al., 2013).

Biopolímeros de elevada massa molecular, como gomas e mucilagens, de origem microbiana, animal ou vegetal, apresentam uma imagem favorável diante dos consumidores, que buscam produtos naturais que proporcionem benefícios à saúde (CONCEIÇÃO, 2013).

A escolha da mucilagem ideal para cada processamento de alimento depende das funções do aditivo e das propriedades desejáveis nos alimentos. Além disso, seu preço e segurança são importantes (VARDHANABHUTI; IKEDA, 2006).

A mucilagem pode ser utilizada, na indústria alimentícia, para a confecção de geleias e doces diversos, e na indústria farmacêutica para correção do gosto de fármacos e para dar estabilidade às emulsões e pomadas (HOU; HSU; LEE, 2002). No caso específico da mucilagem de *Colocasia esculenta*, pode ser utilizada na forma de dosagem em comprimidos, bem como um agente de suspensão, devido à sua fluidez, seu potencial hidrogeniônico (pH), seu poder de inchamento e sua natureza viscosa (ALALOR; AVBUNUDIOGBA; AUGUSTINE, 2014). Devido à presença de glicoproteína manana, pode ser utilizada como espessante de alimentos (MISAKI; ITO; HARADA, 1972).

A partir de relatos sobre a adição de taro em massas de pães, surgiu o interesse de verificar a ação dessa amilácea nas formulações de pães de forma. Fonseca (2006) estudou a ação do taro *in natura*, da mucilagem do taro *in natura* e da mucilagem do taro liofilizada, principalmente sob a textura de pães de forma e concluiu que o melhor efeito como melhorador foi obtido com a utilização da mucilagem liofilizada. Esse mesmo autor também verificou que pães de forma acrescidos de mucilagem de taro liofilizada obtiveram boa aceitabilidade pelo público, viabilizando seu emprego na fabricação de pães de forma.

Tavares (2009) comparou o potencial da mucilagem liofilizada de taro como agente emulsificante em relação aos emulsificantes comerciais (estearoil-2-lactil-lactato de sódio ou SSL, estearoil-2-lactil-lactato de cálcio ou CSL, diacetil tartarato de mono ou DATEM e diglicerídeos, monoglicerídeos e lecitina de soja) comumente utilizados nas formulações de pão de forma e concluiu que a mucilagem de taro é uma alternativa eficaz de emulsificante natural para ser utilizado em pães.

Dentre os aditivos alimentares utilizados em panificação, os emulsificantes constituem um grupo extremamente importante, pois são responsáveis por uma série de benefícios que vão desde a maior facilidade de manipulação das massas até incrementos em volume e vida útil dos produtos finais (PALMA; CICHELO; PAVANELLI, 2004).

De acordo com Palma, Cichello e Pavanelli (2004), os emulsificantes têm quatro funções principais na área de panificação, sendo elas:

- a) aeração e manutenção da espuma formada: é uma importante propriedade em produtos de panificação, nos quais se deseja ganho de volume devido à incorporação de ar durante o processamento;
- b) estabilização de emulsões (Figura 2): proporciona facilidade e melhora no processo industrial e nos aspectos sensoriais dos

alimentos. Para Krog (1981), a estabilidade de emulsão depende de um número de fatores, como tamanho da partícula, viscosidade da fase contínua e tensão superficial em torno da partícula dispersa;

- c) interação com o amido (Figura 3): ocorre a formação de um complexo entre amilose e emulsificante, em que esta porção não recristalizará na retrogradação, portanto, não contribuirá para o endurecimento do miolo e o envelhecimento (“staling”) do produto. O endurecimento que ocorre após 24 horas é devido, em sua maior parte, à lenta recristalização da amilopectina;
- d) interação com as proteínas da farinha de trigo (glúten): proporciona maior tolerância das massas à mistura e à fermentação.

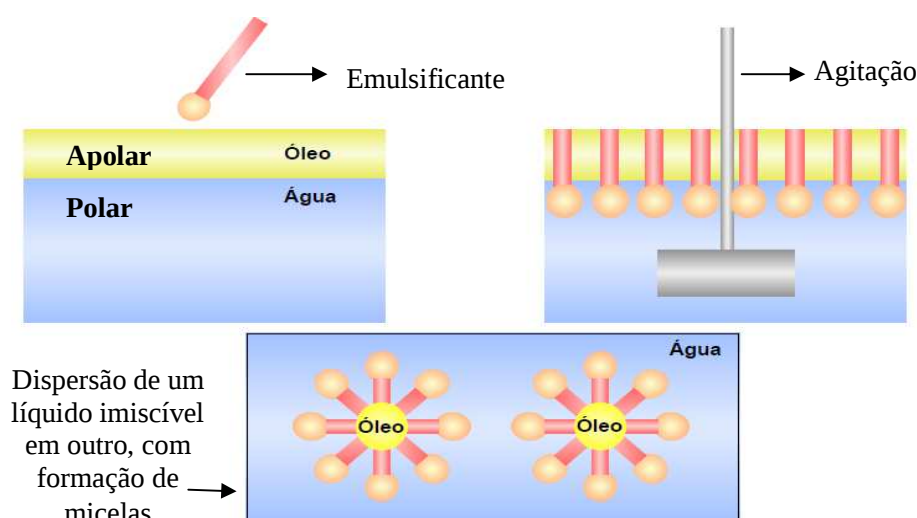


Figura 2 Formação e estabilização de emulsão em produtos de panificação com adição de emulsificante comercial

Fonte: Adaptado de Palma, Cichello e Pavanelli (2004)

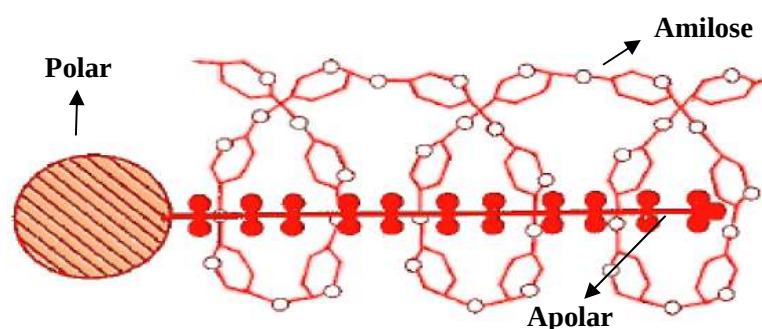


Figura 3 Formação do complexo amilose-emulsificante, sendo que a amilose liga-se à parte hidrofóbica do emulsificante
 Fonte: Adaptado de Palma, Cichello e Pavanelli (2004)

Todos os emulsificantes apresentam uma característica comum, que é o fato de serem moléculas anfifílicas, ou seja, a mesma molécula tem uma porção polar, solúvel em água, também chamada de porção hidrofílica, e uma porção apolar, insolúvel em água, também chamada de lipofílica ou hidrofóbica (EMULSIFICANTES..., 2002). Os emulsificantes apresentam propriedades lipolíticas, reduzindo a tensão interfacial entre as fases que normalmente não se misturam (MATUDA, 2004).

De acordo com a legislação (BRASIL, 1997), emulsificante é a substância que torna possível a formação ou a manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento. Já estabilizante, que é muito confundido com emulsificante, é a substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento. Portanto, todo emulsificante é um estabilizante, mas nem todo estabilizante é um emulsificante.

Para Bobbio e Bobbio (1995), os principais tipos de emulsões em alimentos são leite, massa de bolo, sorvete e creme, sendo do tipo O/A (óleo em

água), isto é, o óleo é a fase dispersa na emulsão. Já se o meio disperso for aquoso, a emulsão é do tipo A/O (água em óleo), com os principais exemplos, manteiga, margarina e maionese.

Andrade, Nunes e Pereira (2015) concluíram que o composto que pode fornecer o poder emulsificante à mucilagem de taro não é o mesmo de emulsificantes comerciais, como CSL (estearoil-2-lactil-lactato de cálcio), SSL (estearoil-2-lactil-lactato de sódio), monoglicerídeos, lecitina de soja e DATEM (diacetil tartarato de mono e diglicerídeos), pelo fato de eles possuírem alto teor de extrato etéreo, ao contrário da mucilagem. O poder emulsificante da mucilagem estudada é devido, principalmente, ao teor de proteínas, com a presença de aminoácidos hidrofóbicos, destacando leucina, isoleucina e triptofano e de carboidratos contribuindo com a fração polar.

As AGPs (proteína-arabinogalactanas) são macromoléculas que se encontram em praticamente todas as partes das plantas, sendo associadas com vários aspectos de crescimento e desenvolvimento do vegetal. Essas macromoléculas se caracterizam bioquimicamente por conterem carboidratos e proteínas na relação 9:1 (SANCHES et al., 2009). Para Jiang e Ramsden (1999), na mucilagem de taro há de 93,2% a 98,2% deste complexo. A AGP (Figura 4a) tem uma fração proteica ligada aos blocos de carboidratos, e essa estrutura tem sido mostrada, em trabalhos, ser a responsável pelo poder emulsificante da goma arábica. A parte hidrofílica dos monossacarídeos e a parte hidrofóbica dos aminoácidos com radical apolar contribuem para a sua atividade interfacial (AL-ASSAF et al., 2007).

Randall, Phillips e Williams (1989) relataram que a cadeia polipeptídica hidrofóbica da AGP está adsorvida na superfície das gotículas de óleo, enquanto os blocos de carboidratos estão voltados para a água (fração polar). Essa teoria pode ser observada na Figura 4b.

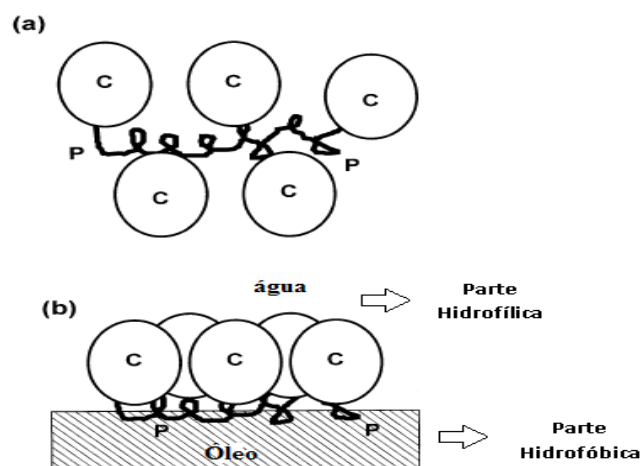


Figura 4 Representação esquemática do modelo “wattle blossom”, simbolizando o componente funcional da goma arábica (AGP). (a) Em solução, (b) adsorvido na interface óleo-água, sendo carboidratos (C), a parte hidrofílica e proteínas (P), a parte hidrofóbica (aminoácidos com radicais apolares). Adaptado de Dickinson (2003).

Trabalhos utilizando enzima ou tratamento térmico têm causado a remoção ou a desnaturação das porções proteicas na goma arábica, levando a uma redução na eficácia da emulsificação (CHIKAMAI et al., 1996; RANDALL; PHILLIPS; WILLIAMS, 1989). Randall, Phillips e Williams (1988) comprovaram, por meio de cromatografia, a diminuição/desaparecimento da fração de maior massa molecular da goma arábica, material que tem maior parte proteica, a partir da degradação enzimática. Chikamai et al. (1996) observaram que soluções com aquecimento a 100 °C, em um período superior a 6 horas, perdem significativamente a atividade emulsificante. Tais pesquisas mostram que, realmente, são as proteínas presentes na goma arábica que lhe conferem a atividade emulsificante.

Muitos hidrocoloides de origem natural já são utilizados com sucesso como emulsificantes. Dentre os disponíveis, a goma arábica é a mais utilizada. As propriedades emulsificantes e o filme especial formado são derivados da

presença da fração proteica existente. Alguns hidrocoloides, como as galactomananas (goma guar e locusta), normalmente, não têm fração proteica, mas têm também propriedades emulsificantes, devido à presença de grupos hidrofóbicos suficientes, como metil e acetil (ARAÚJO, 2004). Porém, para Wu et al. (2009), as galactomananas goma guar, tara e locusta ou LBG têm uma pequena fração proteica com capacidade de emulsão inferior a 80% e superior a 40%. Talvez essa fração auxilie na capacidade de emulsão, como ocorre na goma arábica.

A propriedade física mais importante das emulsões, do ponto de vista tecnológico, é sua estabilidade. Comumente, o termo estabilidade de emulsão se refere à capacidade de uma emulsão resistir a mudanças nas propriedades físico-químicas ao longo do tempo (MCCLEMENTS, 1999 citado por JUNQUEIRA, 2015). Não foram encontrados relatos sobre o estudo da estabilidade de emulsão da mucilagem de taro, sendo importante a sua investigação.

Nagata, Andrade e Pereira (2014) otimizaram os teores da mucilagem de taro e gordura vegetal hidrogenada adicionadas às formulações de pães de forma a melhorar as características físicas do pão, reduzindo os níveis de gordura com a manutenção da boa qualidade sensorial. Os níveis ótimos de mucilagem e gordura na formulação foram, respectivamente, $0,73 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e $1,58 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. O pão resultante obteve boa qualidade sensorial, física e nutricional, além de excelentes valores para volume específico e textura, e redução nos teores de gordura e calórico. Dessa forma, a adição de uma concentração ótima da mucilagem de taro em pão de forma não é só tecnicamente viável, mas também melhora as características do pão, podendo, então, ser considerado substituto de gordura, semelhante às gomas, mostrando mais uma aplicação à mucilagem de taro, além de emulsificante.

Nos últimos anos, o estilo de vida saudável vem direcionando a vida de um número cada vez maior de pessoas. Este novo estilo de vida inclui,

principalmente, alimentação baseada em produtos que não comprometam a saúde ou até promovam benefícios à mesma. Com isso, uma grande tendência é a preferência por alimentos, ingredientes e aditivos naturais (MELO, 2004). Um exemplo é a mucilagem de taro, que precisa ainda ser estudada, principalmente quanto à sua forma de extração, para possível utilização em larga escala comercial.

3 CONCLUSÃO

Devido à preocupação com uma alimentação mais saudável, é interessante o estudo de aditivos naturais. Um exemplo é a mucilagem proveniente do rizoma de taro que tem propriedade emulsificante, principalmente quando adicionada em produtos de panificação (ANDRADE; NUNES; PEREIRA, 2015; FONSECA, 2006; TAVARES, 2009).

Porém, não há, ainda, uma padronização na extração dessa mucilagem que, consequentemente, leva à variação dos seus componentes químicos, podendo, assim, alterar a sua propriedade tecnológica. Dessa forma, há a necessidade de padronização de uma técnica de extração, no intuito de eliminar componentes que interfiram na sua propriedade emulsificante, como o amido e, assim, intensificar a sua ação como aditivo natural.

REFERÊNCIAS

- AL-ASSAF, S. et al. Characterization and properties of Acacia senegal (L.) Willd. var. senegal with enhanced properties (Acacia (sen) SUPER GUM₂): part 1, controlled maturation of Acacia Senegal var. senegal to increase viscoelasticity, produce a hydrogel form and convert a poor into a good emulsifier. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, p. 319-328, May 2007.
- ALALOR, C. A.; AVBUNUDIOLGBA, J. A.; AUGUSTINE, K. Isolation and characterization of mucilage obtained from *Colocasia esculenta*. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, New Delhi, v. 4, n. 1, p. 25-29, Jan./Mar. 2014.
- ANDRADE, L. A. et al. Farinha desmucilada de taro utilizada na elaboração de bolos. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, p. 203-214, jul. 2015.
- ANDRADE, L. A.; NUNES, C. A.; PEREIRA, J. Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. **Food Chemistry**, Oxford, v. 178, n. 1, p. 331-338, July 2015.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 478 p.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 151 p.
- BRANCO, N. B. C. **Mucilagem do cladódio de *Cereus hildmaniannus* K. Schum**: caracterização física, química e reológica. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Taro (ex-inhame) (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). In: _____. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/manual_hortaliças_web.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 540**, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Brasília, 1997. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/PORTARIA_540_1997.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 10 jan. 2015.

BRILLOUET, J. M.; TRECHE, S.; SEALY, L. Alterations in cell wall constituents of yams *dioscorea dumetorum* and *D. rontuladata* with maturation and storage conditions, relation with post harvest hardening of *D. dumentorum* yam tubers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 1964-1967, Nov./Dec. 1981.

CARMO, C. A. S.; BOREL, R. M. A. Situação das culturas do taro e do inhame no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. p. 197-212.

CHIKAMAI, B. N. et al. Processing of gum arabic and some new opportunities. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 10, p. 309-316, July 1996.

CONCEIÇÃO, M. C. **Otimização do processo de extração e caracterização da mucilagem de ora-pró-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 2013. 121 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CONCEIÇÃO, M. C. et al. Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 40, p. 104-114, Oct. 2014.

CONTADO, E. W. N. F. et al. Composição centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea* spp.) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1813-1818, 2009. Número especial.

DEOGADE, U. M.; DESHMUKH, V. N.; SAKARKAR, D. M. Natural gums and mucilage's in NDDS: applications and recent approaches. **International Journal of Pharm Tech Research**, Mumbai, v. 4, p. 799-814, Apr./June 2012.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 17, p. 25-39, Jan. 2003.

EL-MAHDY, A. R.; EL-SEBAIY, L. A. Preliminary studies on the mucilages extracted from okra fruits, taro tubers, jew's mellow leaves and fenugreek seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 14, n. 4, p. 237-249, 1984.

EMULSIFICANTES: panorama da situação. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, n. 19, p. 42-47, 2002.

FACCIO, C. et al. Characterization of the mucilage extracted from jaracatiá (*Carica quercifolia* (A. St. Hil.) Hieron). **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 131, p. 370-376, Oct. 2015.

FERREIRA, F. C.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Secagem a vácuo a diferentes pressões: avaliações físicas e sensoriais de manjerição. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 1, p. 59-65, 1999.

FONSECA, E. W. N. da. **Utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea spp.*) como melhorador na produção de pão de forma**. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 273 p.

HONG, P. G.; NIP, K. W. Functional properties of precooked taro flour in sorbets. **Food Chemistry**, Oxford, v. 36, n. 4, p. 261-270, 1990.

HOU, W. C.; HSU, F. L.; LEE, M. H. Yam (*Dioscorea batatas*) tuber mucilage exhibited antioxidant activities in vitro. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 68, n. 12, p. 1072-1076, Dec. 2002.

HUANG, C.; CHEN, W.; WANG, C. Comparison of Taiwan paddy- and upland-cultivated taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for nutritive values. **Food Chemistry**, Oxford, v. 102, n. 1, p. 250-256, 2007.

JANE, J. et al. Physical and chemical studies of taro starches and flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, 528-535, 1992.

JANI, G. K. et al. Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences**, Seoul, v. 4, n. 5, p. 309-323, 2009.

JIANG, G.; RAMSDEM, L. Characterization and yield of the arabinogalactanas-protein mucilage of taro corms. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 79, n. 5, p. 671-674, Apr. 1999.

JUNQUEIRA, L. A. **Características físicas e microestruturais de emulsões formadas por hidrocoloides obtidos do ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 2015. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

KALÁB, M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MILLER, S. S. Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 6, n. 6, p. 177-186, June 1995.

KETIKU, A. O.; OYENUGA, Y. A. Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*Dioscorea rotundata* pois.) during growth. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 24, n. 4, p. 367-373, Apr. 1973.

KROG, N. Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 58, n. 3, p. 158-164, 1981.

LIMA, J. A. Potencialidades de industrialização do inhame e do taro no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. p. 197-212.

LIMA JUNIOR, F. A. et al. Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 38-47, Aug. 2013.

LIN, H.; HUANG, A. S. Chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum in taro. **Food Chemistry**, London, v. 48, n. 4, p. 403-409, Feb. 1993.

MAESTRI, D.; ARAUJO, R. de C. Z. **Inhame e taro: raízes tropicais, saborosas e nutritivas**. Vitória: INCAPER, 2003. 43 p. (Documentos, 116).

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos**. 2004. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, L. L. M. M. **Síntese enzimática dos ésteres de aroma butirato e valerato de citronelila por lipase de *Rhizopus* SP.** 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MERCÊ, A. L. et al. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co 2+, Cu 2+, Mn 2+, and Ni 2+. **Bioresource Technology**, Essex, v. 76, n. 1, p. 29-37, Jan. 2001.

MISAKI, A.; ITO, T.; HARADA, T. Constitutional studies on the mucilage of “Yamanoimo” *Dioscorea batatas* Decne, *forma Tsukune*: isolation and structure of a mannan. **Agricultural and Biological Chemistry**, Bethesda, v. 36, n. 5, p. 761-771, 1972.

NAGATA, C. L. P.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, J. Optimization of taro mucilage and fat levels in sliced breads. **Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 52, n. 9, p. 5890-5897, Dec. 2014.

NIP, W. K. Taro. In: SMITH, D. S. et al. (Ed.). **Processing vegetables: science and technology**. Lancaster: Technomic, 1997. p. 355-387.

NIP, W. K. Taro food products. In: TAKING TARO INTO THE 1990: A TARO CONFERENCE, 1990, Hawaii. **Proceedings...** Hawaii: University of Hawaii, 1990. p. 3-5.

NJINTANG, N. Y. et al. Compositional, spectroscopic and rheological analyses of mucilage isolated from taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corms. **Journal of Food Science and Technology**, London, v. 48, n. 5, p. 900-907, Nov. 2011.

NUNES, R. S. C. et al. Polymorphic microsatellites of analysis in cultivars of taro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 106-111, mar. 2012.

PALMA, E. J.; CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P. **Emulsificantes em panificação**. São Paulo: Oxiten S/A Indústria e Comércio, 2004.

PAULA, C. D. **Utilização de taro na elaboração de farinha e de produto alimentício reestruturado frito**. 2009. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

PEDRALLI, G. et al. Uso de nomes populares para as espécies de *Araceae* e *Dioscoreaceae* no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 530-532, dez. 2002.

PUIATTI, M. et al. Crescimento de plantas e produção de rizomas de taro 'Chinês' em função do tipo de muda. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 110-115, mar. 2003.

RANDALL, R. C.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. Fractionation and characterization of gum from *Acacia senegal*. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 2, p. 65-75, Feb. 1989.

RANDALL, R. C.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum Arabic. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 131-140, June 1988.

REIS, G. D. **Avaliação da atividade biológica do Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) no ensaio de letalidade com *Artemia salina* Leach, no teste antifúngico de microdiluição em caldo e na hipercolesterolemia em coelhos**. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

RENARD, D. et al. Structure of arabinogalactan-protein from Acacia gum: from porous ellipsoids to supramolecular architectures. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 90, n. 1, p. 322-332, 2012.

SÁNCHEZ, A. H. et al. Las proteínas arabinogalactanos en cultivos de células vegetales. **Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América**, Caracas, v. 34, n. 3, p. 170-176, 2009.

SANTOS, E. S. dos et al. *Denominações populares das espécies de Dioscorea e Colocasia no Brasil*. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 37-41, set. 2007.

SANTOS, E. S. dos; PUIATTI, M. **Cultura do taro (*Colocasia esculenta*)**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. 9 p.

SARKAR, G. et al. Taro corms mucilage/HPMC based transdermal patch: an efficient device for delivery of diltiazem hydrochloride. **International Journal of Biological Macromolecules**, Philadelphia, v. 66, p. 158-165, May 2014.

SINGH, S.; BOTHARA, S. B. Physico-chemical and structural characterization of mucilage isolated from seeds of *Diospyros melonoxylon* Roxb. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 713-725, Oct./Dec. 2014.

STANDAL, B. R. Nutritive value. In: WANG, J. K.; HIGA, S. (Ed.). **Taro**: a review of *Colocasia esculenta* and its potentials. Honolulu: University of Hawaii Press, 1983. p. 141-147.

TAVARES, S. A. **Caracterização e utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea spp.*) como emulsificante em pães de forma**. 2009. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TAVARES, S. A. et al. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 973-979, set./out. 2011.

VARDHANABHUTI, B.; IKEDA, S. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 6, p. 885-891, Aug. 2006.

WU, Y. et al. An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. **Food Research International**, Essex, v. 42, n. 8, p. 1141-1146, 2009.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

**TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO E CAPACIDADE EMULSIFICANTE DA
MUCILAGEM PROVENIENTE DO RIZOMA DE TARO**

(Artigo preparado de acordo com as normas da revista Food Chemistry)

Luan Alberto Andrade*, Cleiton Antonio Nunes, Joelma Pereira

Laboratório de Grãos Raízes e Tubérculos, Departamento de Ciência dos
Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-000,
Lavras, Minas Gerais, Brasil

*Corresponding author. Phone: +55-35-3829-1660; FAX: +55-35-3829-1401; E-
mail: luandrade87@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo, neste trabalho, foi investigar cinco formas diferentes de extração da mucilagem de taro (MT), partindo da forma mais simples e econômica. As mucilagens foram analisadas a partir de testes qualitativos, microscópico e espectroscópico, com auxílio da análise multivariada de componentes principais, para, assim, encontrar e justificar a extração com maior atividade emulsificante e de estabilidade de emulsão. Foi possível detectar a presença de proteína em todas as amostras. Já o polissacarídeo amido estava ausente apenas na mucilagem extraída a frio (MF). A macromolécula proteína é responsável pela parte hidrofóbica da ação emulsificante da MT, por isso é importante a sua presença. Pode-se concluir que a MF tem maior atividade emulsificante e estabilidade de emulsão, sendo considerada mucilagem purificada, devido à ausência de amido, classificado como impureza. Assim, a MF apresentou funcionalidade como aditivo natural que pode ser utilizada na indústria, sendo de fácil, rápida e econômica extração.

Palavras-chave: Aditivo natural; Amido; Estabilizante de emulsão; Mucilagem extraída a frio; Mucilagem precipitada com etanol.

1 Introdução

Raízes, rizomas e tubérculos tropicais, como o taro (*Colocasia esculenta*), geralmente têm mucilagem em sua estrutura. Essas mucilagens exibem propriedades reológicas únicas com considerável potencial como espessante, estabilizante e emulsificante em alimentos (Njintang, Boudjeko, Tatsadjieu, Nguema-Ona, Schererville & Mbofung, 2014; Tavares, Pereira, Guerreiro, Pimenta, Pereira & Missagia, 2011; Andrade, Nunes & Pereira, 2015a).

Acredita-se que a capacidade emulsificante da mucilagem de taro seja devido à presença de proteínas com aminoácidos apolares ou fracamente polares e à presença de carboidratos não amiláceo, contribuindo com a fração hidrofílica (Andrade et al, 2015a). Para Contado, Pereira, Evangelista, Lima Júnior, Romano e Couto (2009), os pães de forma acrescidos de mucilagem de taro liofilizada têm boa aceitabilidade pelo público, viabilizando o emprego desse melhorador na panificação. Porém, um dos problemas com o estudo da mucilagem de taro é a ausência de padronização da forma de extração, o que dificulta comparar suas características na literatura.

Diferentes técnicas de extração descritas para esta mucilagem acarretam composição química diferente e com proporções variadas, o que, consequentemente, levará a alterações de suas propriedades como aditivo natural em alimentos. O amido, principal componente do rizoma de taro, pode ser considerado impureza na mucilagem (Andrade et al, 2015a; Lin & Huang, 1993), uma vez que se acredita que a parte hidrofílica seja proveniente de carboidratos não amiláceos e a parte hidrofóbica, de proteínas com aminoácidos de radicais não polares.

Encontram-se, na literatura, extrações da mucilagem de taro variando-se a temperatura desde 4 °C até 100 °C, com ou sem filtração em tecido de

poliéster, adição ou não de componentes químicos para precipitação e purificação desse hidrócoloide, além de diversas formas de secagem, como em temperatura ambiente, estufa, estufa a vácuo ou liofilização (Jiang & Ramsden, 1999; Lin & Huang, 1993; El-Mahdy & El-Sebaiy, 1984; Sarkar, Saha, Bhattacharyy, Bose, Mishra, Rana, Bhattacharjee & Chattopadhyay, 2014; Alalor, Avbunudiogba & Augustine, 2014; Tavares et al, 2011; Njintang et al, 2014).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar cinco formas de extração da mucilagem de taro, partindo da forma mais simples e econômica, e analisá-las a partir de testes qualitativos, microscópico e espectroscópico, para, assim, encontrar e justificar a extração com maior capacidade emulsificante e estabilizante de emulsão.

2 Material e métodos

2.1 Diferentes formas de extração da mucilagem proveniente do rizoma de taro

Após a aquisição dos rizomas de taro (*Colocasia esculenta*) no comércio varejista de hortifrutigranjeiros, eles foram lavados em água corrente, descascados e, novamente, lavados em água corrente. Posteriormente, eles foram utilizados para diferentes formas de extração da mucilagem.

2.1.1 Mucilagem bruta de taro (MB)

Porções de 300 g do rizoma de taro foram trituradas em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil), por cinco minutos e, no final, todas as porções foram reunidas e homogeneizadas.

A mucilagem do taro triturado foi extraída manualmente por filtração em malha de poliéster (40 cm x 40 cm), como citado por Contado et al. (2009).

Após a filtração, a mucilagem foi liofilizada por, aproximadamente, 75 horas no aparelho Liobras (L101), e posteriormente macerada, homogeneizada e mantida em dessecador contendo sílica.

2.1.2 Mucilagem bruta de taro precipitada com etanol (MBE)

Seguiu-se o procedimento anterior (2.1.1), porém, antes da liofilização, precipitou-se a mucilagem com álcool etílico 99,5%, em proporção de três volumes de álcool para cada volume da mistura aquosa. O precipitado foi separado e seco em estufa com circulação de ar a 40 °C, até peso constante e mantido em dessecador com sílica.

2.1.3 Mucilagem de taro extraída a quente (MQ)

Seguiram-se as metodologias de Sharma, Bharadwaj e Gupta (2008), Deveswaran, Bharath, Furtado e Basavaraj (2009) e El-Mahdy e El-Sebaiy (1984), com modificações. Os rizomas descascados foram embebidos em água, durante 30 minutos. Posteriormente, foram deixados por, aproximadamente, 3 horas, a 80 °C, em banho-maria. Após resfriamento, a mucilagem foi extraída utilizando-se tecido de poliéster (40 cm x 40 cm).

A mucilagem filtrada foi liofilizada por, aproximadamente, 75 horas, no aparelho Liobras (L101). Após liofilização, o material em forma de flocos foi macerado em almofariz com pistilo, homogeneizado e mantido em dessecador com sílica.

2.1.4 Mucilagem de taro extraída a quente e precipitada com etanol (MQE)

A metodologia citada anteriormente (2.1.3) foi seguida, porém, após filtração em tecido de poliéster, adicionou-se em proporção de três volumes de álcool etílico 99,5% para cada volume da mistura aquosa, para precipitação da mucilagem.

O precipitado foi separado e seco em estufa com circulação de ar, a 40 °C, até peso constante e, posteriormente, mantido em dessecador com sílica.

2.1.5 Mucilagem de taro extraída a frio (MF)

Parte da metodologia utilizada por Yeh, Chuan e Chuang (2009) foi seguida, porém, com algumas modificações. Os rizomas de taro, após serem descascados e picados, foram embebidos em água destilada na quantidade de três vezes o seu volume. Após trituração em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil) em velocidade máxima, durante dois minutos, a mistura foi filtrada em tecido de poliéster (40 cm x 40 cm). O resíduo proveniente da filtração foi misturado com água destilada na quantidade de três vezes o seu volume. Homogeneizou-se e filtrou-se novamente. Os filtrados foram combinados e centrifugados, a 10.000 g, à temperatura de 4 °C, durante 20 minutos. O sobrenadante proveniente da centrifugação foi utilizado para o isolamento da mucilagem.

Ao sobrenadante foi adicionado três vezes o seu volume de álcool etílico 99,5% para precipitar a mucilagem. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 10.000 g, por 10 minutos. Após centrifugação, o precipitado foi seco em estufa a vácuo (SOLAB SL 104/40, Piracicaba, Brasil), a 40 °C, durante 24 horas.

O material obtido foi macerado, homogeneizado e mantido em dessecador com sílica.

2.2 Rendimento e caracterização

2.2.1 Rendimento

Inicialmente, após limpeza, os rizomas de taro foram pesados e descascados. As mucilagens foram extraídas de diferentes formas e submetidas ao processo de secagem. Em seguida, os materiais, na forma de pó, foram novamente pesados, a fim de verificar o rendimento de cada mucilagem obtida.

2.2.2 Teste de biureto

Para detectar a presença de proteínas foi utilizado o teste qualitativo de biureto.

2.2.3 Teste de iodo

Adicionou-se 1,0 mL de solução de iodo em 10 mg de cada amostra em pó, para detectar a presença de amido.

2.2.4 Atividade emulsificante e estabilidade da emulsão

Uma mistura de 5,0 mL de água, 5,0 mL de óleo de soja (Veleiro[®]) e 0,5 g de cada mucilagem extraída foi emulsionada a 4.000 rpm, durante 1 minuto, em homogeneizador Politron. As emulsões obtidas foram centrifugadas à temperatura ambiente, a 6.000 rpm, por 5 minutos e a atividade emulsificante determinada pela razão entre o volume da emulsão e o volume total de solução. Como referência foram realizadas análises com a goma arábica comercial, devido ao fato de sua estrutura química ser similar à da mucilagem de taro. A emulsão obtida foi mantida a 80 °C, em banho-maria, durante 30 minutos e, então, resfriada em água, por 10 minutos. Feito isso, procedeu-se à centrifugação

por mais 5 minutos, a 6.000 rpm. A estabilidade da emulsão foi calculada pela razão entre o volume final e o inicial (Yamatsu, Sawada, Moritaka, Misaki, Tado & Noda, 1972).

2.2.5 Análise Microestrutural

Após secagem, as mucilagens em pó foram montadas em suportes cobertos com uma película de papel alumínio, com fita de carbono dupla face e cobertos com uma camada de ouro no metalizador (Vaporizador Balzers SCD 050). Ao final deste procedimento, as amostras foram examinadas em microscópio eletrônico de varredura (LEO Evo 40), para a obtenção das eletromicrografias de varredura. As imagens geradas foram registradas digitalmente, a aumentos variáveis a 20,00 kV e distância de trabalho entre 7,0 a 9,5 mm.

2.2.6 Análises no Infravermelho com Reflectância Total Atenuada (ATR-FTIR)

Os espectros de ATR-FTIR foram coletados por meio de um espectrômetro (IRAffinity-1), equipado com acessório de reflectância total atenuada (ATR) com cristal de ZnSe. Os espectros foram adquiridos com 64 scans e resolução de 4 cm^{-1} , na faixa de 4.400 cm^{-1} a 600 cm^{-1} .

2.3 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para a caracterização das mucilagens obtidas foram tomadas três replicatas aleatórias.

Os resultados quantitativos, apresentados como média e desvio padrão, foram comparados por análise de variância (ANOVA) e teste de médias (Scott-

Knott), a 5% de significância, utilizando-se o software Sisvar (FERREIRA, 1999).

Para auxílio na interpretação dos dados espectrais, foi utilizada a análise de componentes principais (PCA). O software empregado foi o Chemoface versão 1.4 (Nunes, 2012). O tratamento realizado nos dados antes de se aplicar a PCA foi a derivada de primeira com polinômio de grau 2, concomitantemente ao procedimento de pré-processamento com dados centrados na média.

3 Resultados e discussão

3.1 Rendimento, testes de biureto e de iodo

Na Tabela 1 encontram-se os rendimentos e os resultados para os testes qualitativos e de atividade e estabilidade de emulsão, realizados nas mucilagens extraídas de diferentes formas.

Tabela 1 Rendimento, teste de biureto e de iodo, atividade emulsificante e estabilidade de emulsão das mucilagens de taro obtidos por diferentes extrações

Tipos de extrações	Rendimento (%)	Teste de biureto	Teste de iodo	Atividade emulsificante	Estabilidade de emulsão
MB	8,05	Positivo	Positivo	71,07±0,36 ^b	67,86±3,57 ^c
MBE	1,65	Positivo	Positivo	53,35±3,76 ^c	91,29±0,22 ^a
MQ	4,09	Positivo	Positivo	34,85±2,62 ^e	66,98±2,58 ^c
MQE	0,55	Positivo	Positivo	76,39±1,39 ^a	69,05±1,37 ^c
MF	1,33	Positivo	Negativo	79,54±1,56 ^a	95,83±3,61 ^a
GA	-	-	-	46,60±2,06 ^d	83,09±1,04 ^b
CV (%)				3,69	3,85

MB: mucilagem bruta convencional de taro; MBE: mucilagem bruta convencional precipitada com etanol; MQ: mucilagem extraída a quente; MQE: mucilagem extraída a quente e precipitada com etanol; MF: mucilagem extraída a frio; GA: goma arábica comercial. Positivo para teste de biureto: coloração violeta, presença de proteína/aminoácido; positivo para teste de iodo: coloração azul-escuro, presença de amido; CV: coeficiente de variação

Os valores para rendimento variaram de acordo com cada extração, tendo a precipitação com álcool etílico diminuído ainda mais o rendimento, pois houve retirada de carboidratos solúveis em álcool. As extrações MQ e MQE obtiveram os menores valores, sendo a MB, que passa por apenas filtração, o maior valor.

Tavares et al (2011) e Andrade et al (2015a), utilizando o mesmo método de extração para mucilagem bruta, obtiveram rendimentos de 6,84% e 9,63%, respectivamente, enquanto, no presente trabalho, o rendimento obtido pelo mesmo processo de extração foi de 8,05%. Estas diferenças observadas podem estar relacionadas com o estado fisiológico do rizoma e/ou local e época de cultivo, ou, ainda, em função da cultivar. Njintang et al (2011) obtiveram rendimentos diferentes para seis variedades testadas (3,00 a 18,99 g 100g⁻¹), utilizando diversos reagentes químicos para extração, tendo, portanto, valores superiores e inferiores, comparados aos do presente trabalho.

No caso especial da MF, mesmo que o rendimento da mucilagem tenha sido baixo (1,33%), o processo pode ser vantajoso, pois, quando ocorre a centrifugação a frio do rizoma, após este ter sido triturado e filtrado, há a formação de um precipitado e de um sobrenadante. O sobrenadante é separado para precipitação da mucilagem que, posteriormente, poderá ser utilizada como aditivo em alimentos, e o precipitado, inicialmente, é descartado. Porém, este precipitado contém amido, o qual pode ser refinado e direcionado para a alimentação de crianças e idosos, devido à sua elevada digestibilidade. Sendo assim, a partir da técnica de extração a frio podem-se obter dois produtos de grande uso na indústria de alimentos, amido e mucilagem.

Para Jiang e Ramsden (1999), a variedade de condições de extração da mucilagem de taro em trabalhos já realizados torna a comparação da percentagem de mucilagem extraída ainda mais difícil, como pode ser observado no presente trabalho.

Alguns estudos mostram que a propriedade da ação emulsificante da mucilagem de taro está relacionada à presença de carboidratos não amiláceo e pela presença de proteínas com aminoácidos de radicais apolares, tendo como exemplo o complexo AGP (proteína-arabinogalactana) (Andrade et al, 2015a; Jiang & Ramsden, 1999), enquanto a presença de amido na mucilagem não contribui para a sua propriedade emulsificante (Andrade et al 2015a). A MB, de acordo com alguns trabalhos, tem entre 47,10 a 59, 45 g 100 g⁻¹ de amido (Andrade et al, 2015a; Tavares et al, 2011). Este componente pode ser considerado como impureza, quando a mucilagem de taro é tratada como emulsificante natural, pois o polissacarídeo amido não contribui para essa propriedade. Portanto, é importante verificar se há presença ou não de amido e proteína nas mucilagens extraídas.

O teste de iodo é utilizado para identificar a presença de amido nos alimentos, devido ao fato de o iodo (I₂) complexar com a molécula de amilose. Apenas a MF não apresentou presença deste componente, mostrando que a centrifugação a frio mais a precipitação com álcool etílico retira o amido que estava presente.

Contrário ao presente trabalho, Jiang e Ramsden (1999) concluíram que há vestígios de amido após extração a frio, devido à presença de glicose, encontrada por análise cromatográfica. Porém, essa glicose pode ser constituinte da glicoproteína AGP encontrada por esses autores e não do amido.

Lin e Huang (1993) extraíram a mucilagem de taro em baixa e elevada temperatura (4 °C e 70 °C). Apenas a 70 °C foi positivo para a presença de amido a partir do teste de iodo, coerente com o presente trabalho. Neste mesmo estudo, o teor de proteína foi superior para a extração à temperatura quente. Já Alalor et al. (2014) extraíram a mucilagem de *Colocasia esculenta* em elevada temperatura, e não encontraram presença de proteína.

No presente trabalho, em todas as amostras, independente do método de extração, há a presença de aminoácidos/proteínas, detectadas pelo teste de Biureto, mostrando que parte ou toda a fração proteica existente no rizoma de taro vai para a mucilagem.

Os polissacarídeos mais utilizados como emulsificantes em alimentos são as gomas arábicas, as celuloses e os amidos modificados e algumas galactomananas (Dickinson, 2003; Garti & Reichman, 1993).

De acordo com alguns estudos, a goma arábica (GA) é formada por três principais constituintes que são arabinogalactana (AG), proteína-arabinogalactana (AGP) e glicoproteína (GP) (Randall, Phillips & Williams, 1989; Renard, Lavenant-Gourgeon, Ralet & Sánchez, 2006). A AGP pode ser a responsável pelo poder emulsificante, pois ela tem parte hidrofílica, devido à presença de carboidrato e parte hidrofóbica, apresentada por aminoácidos apolares ou fracamente polares, característica necessária para uma molécula anfifílica.

A atividade emulsificante da GA foi superior apenas à MQ, mostrando um excelente potencial da mucilagem de taro como emulsificante.

De acordo com o teste estatístico, a atividade emulsificante foi maior para a MF e a MQE. Este fato se deve, principalmente, à ausência de amido na MF. Já para a MQE, após a precipitação com o álcool deve ter eliminado uma grande quantidade de amido ainda intacto pelo calor, podendo, então, ter concentrado a fração AGP. Jiang & Ramsden (1999) concluíram que a MT tem de 93,2% a 98,2% de AGP. A concentração deste complexo pode se alterar de acordo com a forma de extração.

Acreditava-se que a MBE tivesse maior atividade emulsificante que a MB, devido à eliminação de componentes químicos com a precipitação. Tal fato não ocorreu. Isto pode ser devido à eliminação de compostos que auxiliam na emulsificação, como proteínas com aminoácidos apolares.

Comparando-se a MBE com a MB e a MQE com a MQ, pode-se observar que a precipitação com o álcool pode ou não aumentar a capacidade emulsificante. Portanto, a composição antes da precipitação interfere na ação do álcool no hidrocoloide.

A MB, mesmo com presença de amido, obteve capacidade emulsificante razoável. Já MQ obteve menor capacidade emulsificante, podendo ter alta concentração de compostos que mascaram a atividade da fração AGP.

Lima Júnior, Conceição, Resende, Junqueira, Pereira e Prado (2013) estudaram a capacidade de formação de emulsão da mucilagem de ora-pro-nóbis e encontraram 83%, próxima à encontrada para a MF. Conceição, Junqueira, Silva, Prado e Resende (2014) também trabalharam com a mucilagem de ora-pro-nobis e concluíram que a propriedade emulsificante e a estabilidade estão relacionadas com a estrutura molecular da mucilagem e que, consequentemente, pode ser alterada pela forma de extração, como observado no presente trabalho.

A capacidade e a estabilidade de emulsão de diferentes gomas foram estudadas por Wu, Cui, Eskin e Goff (2009), incluindo goma guar, LBG, goma tara e goma fenugreek. A capacidade e a estabilidade de emulsão tiveram a mesma tendência, tendo a goma guar como maior e LBG como menor. A capacidade de formação de emulsão variou, aproximadamente, entre 40% a 80%, semelhante ao presente trabalho, como consta na Tabela 1.

Um dos usos de hidrocoloides na indústria de alimentos é como estabilizador de emulsões. De acordo com a estatística, podem-se separar em três grupos os produtos avaliados em relação à estabilidade de emulsão. Com maior estabilidade estão MF e MBE, GA como intermediária e MB, MQ e MQE com menores estabilidades. Com exceção da MBE, todas as mucilagens com presença de amido obtiveram menor estabilidade.

3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As eletromicrografias das mucilagens provenientes das cinco formas diferentes de extração podem ser observadas na Figura 1.

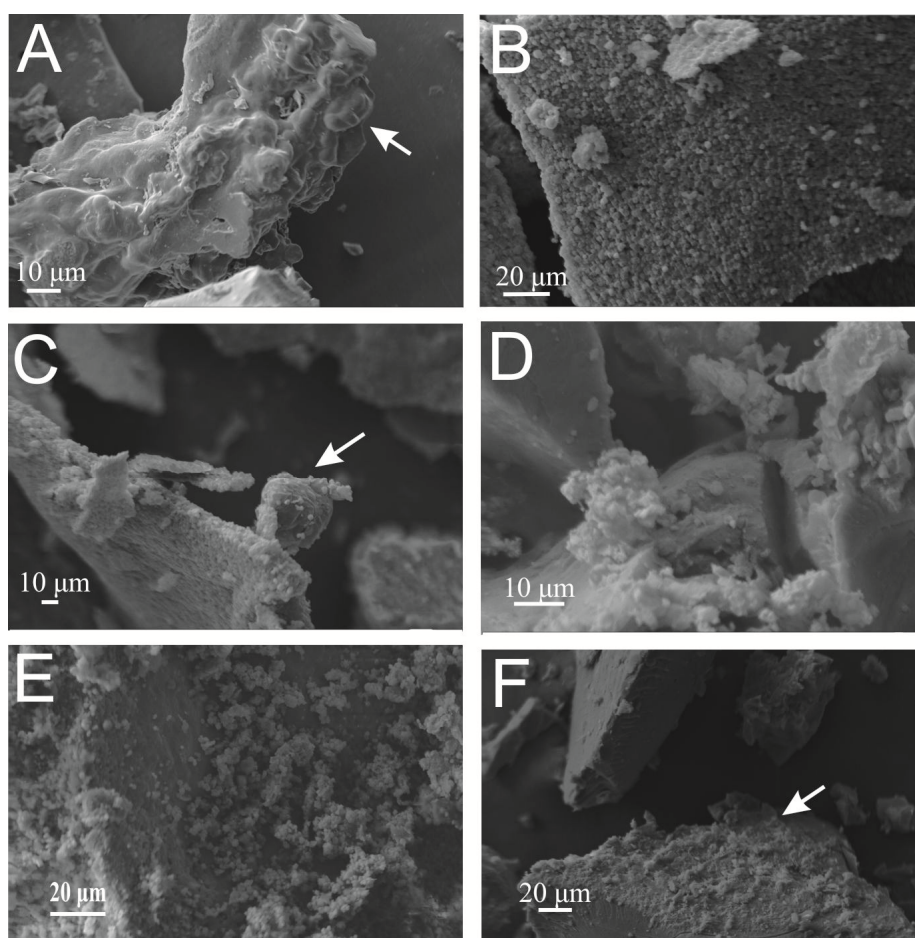


Figura 1 Eletromicrografias das mucilagens de taro. A: Mucilagem extraída a quente (MQ) (303 x); B e C: Mucilagem bruta (MB) (1,68 kx e 1,26 kx); D Mucilagem extraída a quente e precipitada com álcool etílico (MQE) (3,43 kx); E: Mucilagem bruta precipitada com álcool etílico (MBE) (1,38 kx); F: Mucilagem extraída a frio (MF) (809 x)

Na Figura 1A observa-se que os grânulos de amido presentes incharam. Isto, provavelmente, aconteceu pelo fato de a extração ser a quente e o amido presente ter gelatinizado, sendo esse fenômeno inerente aos grânulos de amido com aquecimento da suspensão. Já na Figura 1D praticamente não se observa amido gelatinizado, como na Figura 1A, apenas alguns grânulos que não gelatinizaram com o processo a quente. Esta eliminação do amido gelatinizado pela precipitação alcoólica pode ter aumentado a capacidade emulsificante da MQE, como observado na Tabela 1.

A Figura 1B, representa a estrutura da MB, na qual os pequenos grânulos de amido de taro estão presentes e acredita-se que, em elevada concentração, como consta na literatura (Tavares et al, 2011; Andrade et al, 2015). Mesmo após a filtração em malha de poliéster, parte do amido do rizoma vai para a mucilagem considerada bruta, já que outra parte do amido está presente no resíduo formado pela extração, chamada de farinha desmucilada de taro por Andrade, Nagata, Assumpção, Gonçalves e Pereira (2015b). Neste trabalho citado foi encontrada percentagem de amido de aproximadamente 50,01.

Na Figura 1C, também da MB, observa-se que, no final do bloco de amido, há uma estrutura irregular. Entende-se que, nesse tipo de extração, a mucilagem propriamente dita, isto é, sem a presença de amido, esteja dentro dos blocos de amido formado.

Mesmo havendo precipitação da MB, encontra-se presença de amido, observada na Figura 1E, porém, acredita-se que em menor quantidade. Com a precipitação a estrutura do produto não foi a mesma, não tendo os grânulos de amido formado blocos estruturados como antes. Pode ter sido essa desestruturação dos blocos de amido da MB para a MBE que diminuiu a capacidade emulsificante, e era esperado o seu aumento devido à precipitação.

Todos os casos citados corroboram o resultado do teste de iodo, mostrando que há presença de amido nas mucilagens MB, MBE, MQ e MQE.

Na eletromicrografia pertencente à MF (Figura 1F) pode-se observar que não há grânulos de amido. Há uma estrutura irregular, atração e adesão de partículas pequenas à superfície das partículas maiores, semelhante ao observado por Conceição et al. (2014) para mucilagem de ora-pro-nóbis. Essas partículas podem ser proteínas aderidas aos blocos de carboidratos.

As eletromicrografias de todas as mucilagens mostram partículas parcialmente cristalinas, com organização variável e sem forma predominante.

Como pode ser observado, a forma, a estrutura e os componentes químicos da mucilagem podem ser afetados pelo método de extração, sendo a mais indicada a extração a frio, que proporcionou maior atividade emulsificante e estabilidade de emulsão, sendo isso devido à ausência de amido que não contribui para atividade emulsificante.

3.3 Análises no infravermelho com reflectância total atenuada (ATR-FTIR)

Os principais grupos funcionais característicos presentes nas mucilagens extraídas foram identificados utilizando-se a técnica de ATR-FTIR. Os resultados estão representados na Figura 2.

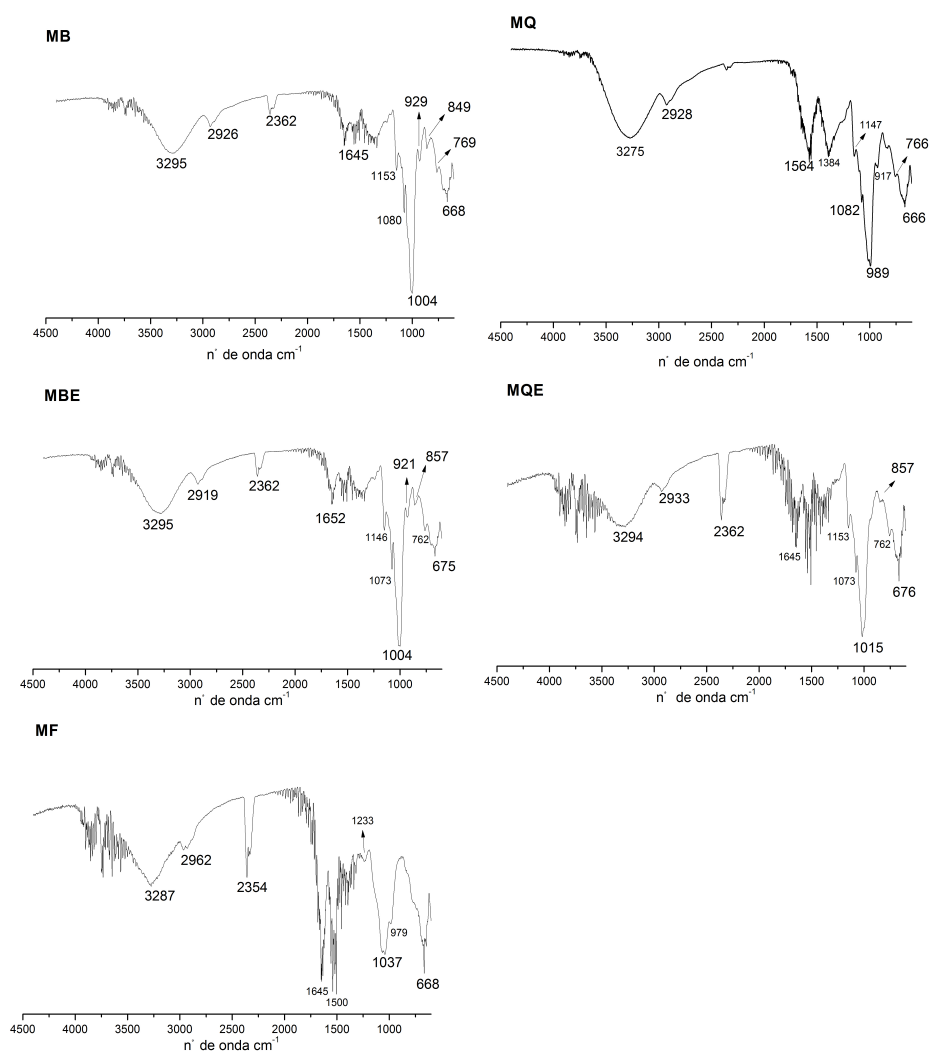


Figura 2 Espectros de ATR-FTIR das mucilagens de taro obtidas por diferentes extrações, sendo MB: mucilagem bruta convencional; MBE: mucilagem bruta convencional precipitada com etanol; MQ: mucilagem extraída a quente; MQE: mucilagem extraída a quente e precipitada com etanol e MF: mucilagem extraída a frio

Em todos os espectros observou-se uma banda larga entre 3.300 cm^{-1} e 3.200 cm^{-1} , correspondente à deformação axial de grupos hidroxila (-OH) em ligações de hidrogênio intermoleculares de álcool, comumente encontrada em polissacarídeos, confirmando a presença de carboidratos em todas as amostras (Mothé & Correia, 2002). Esta banda também pode estar relacionada com as ligações N-H das proteínas, como observado pelo teste de biureto. A umidade é responsável também por bandas nessa região (Faccio, Machado, Souza, Zoldan & Quadri (2015).

As bandas em 2.919 , 2.926 , 2.928 , 2.933 e 2.962 cm^{-1} são atribuídas à deformação axial da ligação C-H, encontrada na região entre 3.000 e 2.840 cm^{-1} (Mothé & Correia, 2002).

Entre 2.354 cm^{-1} e 2.362 cm^{-1} , as bandas são identificadas, em todas as amostras, como atribuídas ao CO_2 absorvido do meio ambiente.

Uma banda compreendida entre 1.233 e 1.000 cm^{-1} pode ser observada em todas as mucilagens, que são análogas às observadas por Lin e Huang (1993), o que pode resultar dos grupos C-OH do álcool, principalmente de estruturas como carboidrato. Dessa forma, os espectros de infravermelho comprovam a estrutura de um polissacarídeo com ligação C-O-C, característica de carboidratos, entre 1.200 cm^{-1} e 900 cm^{-1} , confirmando a ligação entre os monômeros formadores de polímero, conforme observado por Dalonso, Ignowski, Monteiro, Gelsleichter, Wagner, Silveira e Silva (2009). Para Zhou, Sun, Bucheli, Huang e Wang (2009), que estudaram a glicoproteína AGP extraída de Green Tea, a região de 1.200 cm^{-1} a 800 cm^{-1} é determinada como região de impressão digital dessa macromolécula.

A região compreendida entre 1.750 cm^{-1} a 1.500 cm^{-1} , atribuída ao estiramento C=O dos ácidos nucleicos, amida I e amida II das proteínas, está presente em todas as mucilagens obtidas (Santos, Cardoso, Khouri, Paula Júnior,

Uehara & Sakane, 2012), confirmando a presença de proteína, como presente nos espectros de AGP extraída de Green Tea (ZHOU et al, 2009).

Na MF encontra-se uma banda em 1.233 cm^{-1} , que pode ser de amida III, do grupo acetil pertencente a amino-açúcares (Prabu & Natarajan, 2012). Amino-açúcares são amplamente distribuídos nos seres vivos e também ocorrem como constituintes de glicoproteínas (Sturgeon, 1988), confirmando a presença da glicoproteína AGP (proteína-arabinogalactana) na MF, presente na goma arábica e responsável pelo seu poder emulsificante (Fauconnier, Blecker, Groyne, Razafindralambo, Vanzeveren, Marlier & Paquot, 2000).

Acredita-se, portanto, que a mucilagem que esteja com o componente emulsificante em maior concentração seja a MF, devido ao fato de a banda característica de glicoproteína (amino-açúcares a 1233 cm^{-1}) estar evidente, além da ausência de amido e maior atividade emulsificante apresentada (Tabela 1).

Como observado, todas as mucilagens obtidas têm proteína e carboidrato, porém, o tipo de extração mais recomendado para melhor ação como aditivo é a MF, aquela mucilagem considerada purificada, pela ausência de amido e com presença de proteína, detectada pelo teste de biureto e pelos espectros de FTIR-ATR, além de apresentar maior capacidade e estabilidade de emulsão.

3.3.1 Análise de componentes principais (PCA)

Os resultados obtidos pela análise de FTIR-ATR para as cinco formas diferentes de extração da mucilagem de taro foram submetidos à análise de componentes principais (PCA), como se pode observar nas Figuras 3 e 4.

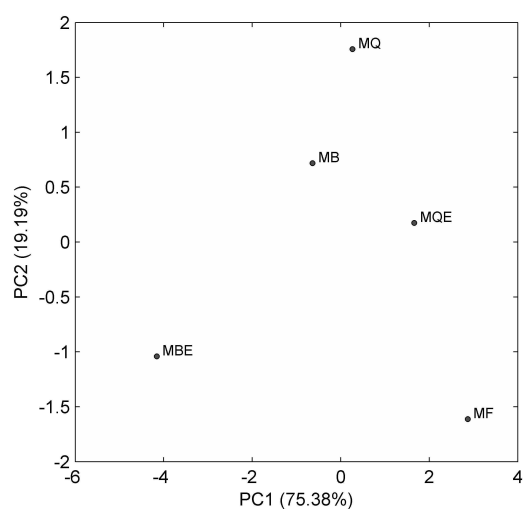


Figura 3 Gráfico de escores da análise de componentes principais (PCA) das mucilagens obtidas de diferentes formas, sendo MB: mucilagem bruta; MBE: mucilagem bruta precipitada com etanol; MF: mucilagem extraída a frio; MQ: mucilagem extraída a quente; MQE: mucilagem extraída a quente e precipitada com etanol

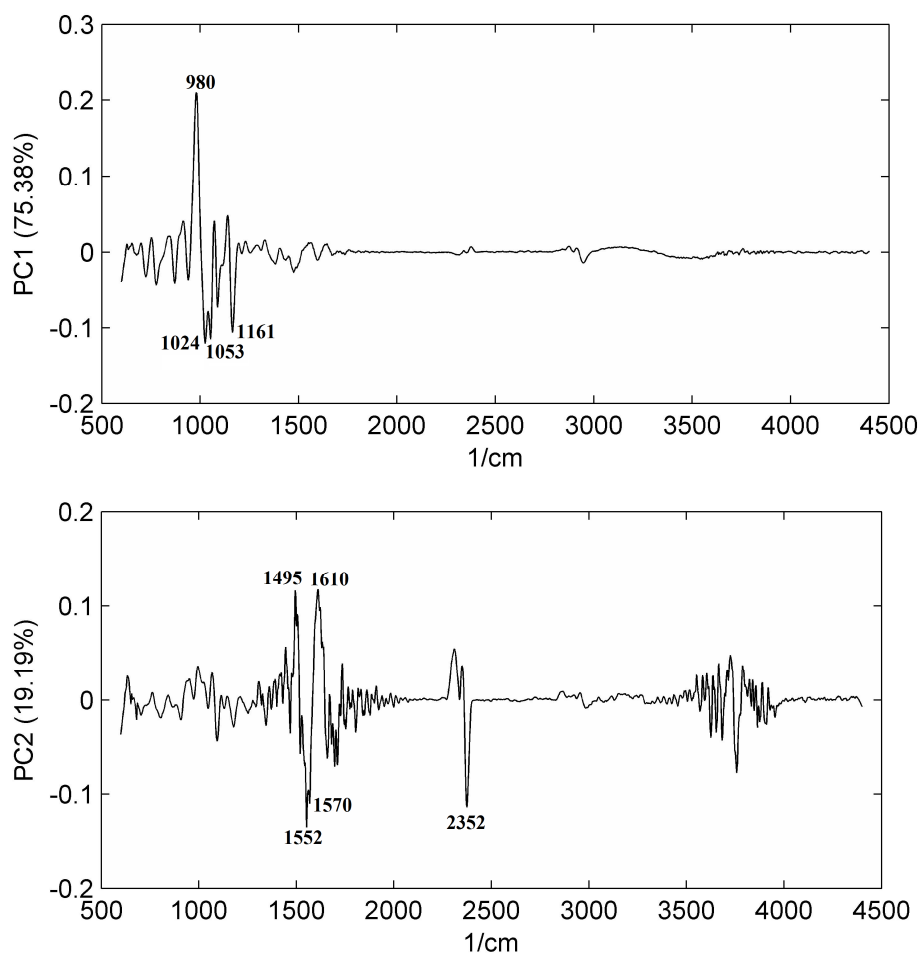


Figura 4 Gráfico de pesos para as duas primeiras componentes principais das mucilagens obtidas de diferentes formas

Por meio da representação gráfica das duas primeiras componentes principais, que explicam 94,57% da variabilidade total entre as amostras (Figura 3), pode-se observar que apenas as extrações MQ, MQE e MB foram semelhantes. Pelo teste de Scott-Knott, a atividade emulsificante desse grupo foi considerada a menor entre as mucilagens extraídas. Essas mucilagens pertencem ao mesmo grupo devido às bandas positivas nos gráficos de pesos

(Figura 4), isto é, 980 cm^{-1} , 1.495 cm^{-1} e 1.610 cm^{-1} , sendo a primeira banda relacionada com a impressão digital de carboidratos e as duas últimas, com amida tipo I e II de proteínas.

A MF e a MBE foram diferentes. Para MF, era de se esperar a diferença, devido ao fato de sua extração passar pelo processo de centrifugação a frio e, por isso, não possuir amido, componente presente nas demais extrações. Já para MBE, a precipitação com o etanol pode ter segregado mais os seus componentes químicos e, por isso, a diferença observada pela análise multivariada. Na MEV observou-se a desestruturação dos blocos de amido da MB para a MBE e que, consequentemente, pode ter diminuído a sua capacidade emulsificante, como observado na Tabela 1.

A MF se diferencia das demais devido às bandas 980 cm^{-1} , 1.552 cm^{-1} e 1.570 cm^{-1} . Já MBE diferencia-se pela presença das bandas 1.024 cm^{-1} , 1.053 cm^{-1} , 1.161 cm^{-1} , 1.552 cm^{-1} e 1.570 cm^{-1} . Em relação às bandas 1.552 cm^{-1} e 1.570 cm^{-1} , elas são semelhantes para MF e MBE, podendo essas duas mucilagens ser semelhantes apenas no tipo de proteína e não de carboidratos.

A presença de bandas na MBE que não estão presentes nas demais mucilagens não pode ser observada sem auxílio da PCA, mostrando a importância do seu uso para diferenciar os produtos.

Para Singh e Bothara (2014), de 1.200 cm^{-1} a 800 cm^{-1} , representa a região de impressão digital de carboidratos, e foi principalmente essa região que causou a diferença entre as mucilagens extraídas, observando-se, principalmente, o eixo PC1.

3.4 Hipóteses sobre a atividade emulsificante da mucilagem de taro

Na goma arábica, uma das suas cinco frações químicas presentes é a responsável pela sua propriedade emulsificante. Essa fração é composta por carboidratos e proteínas e tem elevada massa molecular (Randall, Phillips,

Williams, 1988). O mesmo pode ocorrer com a mucilagem de taro, independente da extração, pois todas têm presença de carboidratos e proteínas, observados pelos testes qualitativos e pelos espectros de FTIR-ATR. Porém, acredita-se que, dependendo da forma de extração, o complexo proteína-carboidrato pode ter melhor ação emulsificante. Isso pode ser observado com a extração a frio, em que a ausência de amido causou maior atividade emulsificante e consequente maior estabilidade, podendo, então, ter elevada concentração de AGP.

De acordo com o trabalho de Dickinson (2003), pode-se dizer que, na maioria dos casos, a capacidade emulsificante de alguns polímeros de hidratos de carbono pode ser atribuída, principalmente, à presença de proteína, quer como um contaminante ou como ligante de forma covalente (ou fisicamente associado), tendo-se, então, um complexo de proteína-polissacarídeo, como ocorre na goma arábica, a glicoproteína AGP, e que também está presente na mucilagem de taro em elevadas concentrações (Jiang & Ramsden, 1999). Pode-se inferir, portanto, que a presença de proteína é a responsável pelo poder emulsificante de gomas e mucilagens, como a de taro, contribuindo, principalmente, com seus aminoácidos apolares com a parte hidrofóbica e os carboidratos com a fração polar (Andrade et al, 2015a).

4 Conclusões

Com exceção da MQ, todas as mucilagens têm maior atividade emulsificante que a goma arábica comercial.

As diferentes formas de extração alteram a estrutura química e física da mucilagem em pó, como observado pelos testes qualitativos e pela MEV.

Há presença de carboidratos e proteínas em todas as mucilagens extraídas, observada pelo ATR-FTIR. A MF apresentou funcionalidade como aditivo natural que pode ser utilizado na indústria, tendo maior atividade

emulsificante e estabilidade de emulsão, sendo considerada de fácil, rápida e econômica extração.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME) da UFLA, localizado no Departamento de Fitopatologia.

Referências Bibliográficas

- Alalor, C. A., Avbunudiogba, J. A., & Augustine, K. (2014). Isolation and characterization of mucilage obtained from *Colocasia esculenta*. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 4, 25-29.
- Andrade, L. A., Nunes, C. A., & Pereira, J. (2015a). Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. *Food Chemistry*, 178, 331-338.
- Andrade, L. A., Nagata, C. L. P., Assumpção, G. M. P., Gonçalves, G. A. S., & Pereira, J. (2015b). Farinha desmucilada de taro utilizada na elaboração de bolos. *Científica*, 43, 203-214.
- Conceição, M. C., Junqueira, L. A., Silva, K. C. G., Prado, M. E. T., & Resende, J. V. de (2014). Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from pereskia aculeata miller leaves. *Food Hydrocolloids*, 40, 104-114.
- Contado, E. W. N. F., Pereira, J., Evangelista, S. R., Lima Junior, F. A. de, Romano, L. M., & Couto, E. M. (2009). Composição Centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea spp.*) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de Forma. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1813-1818.

Dalonso, N., Ignowski, E., Monteiro, C. M. A., Gelsleichter, M., Wagner, T. M., Silveira, M. L. L., & Silva, D. A. K. (2009). Extração e caracterização de carboidratos presentes no alho (*Allium sativum* L.): proposta de metodologia alternativa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29, 793-797.

Deveswaran, R., Bharath, S., Furtado, & S., Basavaraj, B. V. (2009). Studies on the disintegrant properties of mucilage and seed powder of *Plantago ovate*. *International Journal of Chemistry Technology Research*, 1, 621-626.

Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17, 25-39.

El-Mahdy, A. R., & El-Sebaiy, L. A. (1984). Preliminary studies on the mucilages extracted from okra fruits, taro tubers, jew's mellow leaves and fenugreek seeds. *Food Chemistry*, 14, 237-249.

Faccio, C., Machado, R.A., De Souza, L. M., Zoldan, S. R., & Quadri, M. G. (2015). Characterization of the mucilage extracted from jaracatiá (*Carica quercifolia* (A. St. Hil.) Hieron). *Carbohydrate Polymers*, 131, 370-376.

Fauconnier, M. -L., Blecker, C., Groyne, J., Razafindralambo, H., Vanzeveren, E., Marlier, M., & Paquot, M. (2000). Characterization of two Acacia gums and their fractions using a Langmuir film balance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2709-2712.

Ferreira, D. F. (1999). Programa Sisvar.exe: *Sistema de análise de variância*. Versão 3.04. [Sisvar.exe Program: *Analysis of variance system*. Version 3.04] [Software]. Lavras: UFLA.

Garti, N., & Reichman, D. (1993). Hydrocolloids as food emulsifiers and stabilizers. *Food Microstructure*, 12, 411-426

Jiang, G., & Ramsden, L. (1999). Characterization and yield of the arabinogalactan-protein mucilage of taro corms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 671-674.

Lima Junior, F. A., Conceição, M. C., Resende, J. V., Junqueira, L. A., Pereira, C. G., & Prado, M. E. T. (2013). Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. *Food Hydrocolloids*, 33, 38-47.

Lin, H., & Huang, A. S. (1993). Chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum in taro. *Food Chemistry*, 48, 403-409.

Mothé, C. G., & Correia, D. Z. (2002). Caracterização reológica de blendas de gomas cajueiro e xantana em suco [Rheological characterization of blends of cashew and xanthan gum juice]. *Revista Analytica*, 1, 59-64.

Njintang, N. Y., Boudjeko, T., Tatsadjieu, L. N., Nguema-Ona, E., Scher, J., & Mbofung, C. M. F. (2014). Compositional, spectroscopic and rheological analyses of mucilage isolated from taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corms. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 900-907. doi:10.1007/s13197-011-0580-0

Nunes, C. A. *Software Chemoface*. (2012) Version 1.4. [Software] Lavras: UFLA.

Randall, R. C., Phillips, G. O., & Williams, P. A. (1988). The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 2, 131-140.

Randall, R. C.; Phillips, G. O.; & Williams, P. A. (1989). Fractionation and characterization of gum from *Acacia senegal*. *Food Hydrocolloids*, 2, 65-75.

Prabu, K., & Natarajan, E. (2012). Isolation and FTIR spectroscopy characterization of chitin from local sources. *Advances in Applied Science Research*, 3, 1870-1875.

Renard, D., Lavenant-Gourgeon, L., Ralet, M. C., & Sanchez, C. (2006). *Acacia senegal* gum: a continuum of molecular species differing by their protein to sugar ratio, molecular weight and charges. *Biomacromolecules*, 7, 2637-2649.

Santos, P. M. dos, Cardoso, M. A. G., Khouri, S., Paula Júnior, A. R., Uehara, M., & Sakane, K. K. (2012). Utilização da microespectroscopia infravermelha (FT-IR) para teste de algoritmos estatísticos na diferenciação dos micro-organismos *Candida albicans*, *Candida dubliniensis* e *Candida parapsilosis*. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 28, 398-409.

Sarkar, G., Saha, N. R., Roy, I., Bhattacharyya, A., Bose, M., Mishra, R., Rana, D., Bhattacharjee, D., & Chattopadhyay, D. (2014). Taro corms mucilage/HPMC based transdermal patch: An efficient device for delivery of

diltiazem hydrochloride. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, 158–165.

Singh, S., & Bothara, S. B. (2014). Physico-chemical and structural characterization of mucilage isolated from seeds of *Diospyros melonoxylon* Roxb. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50, 713-725.

Sharma, S., Bharadwaj, S., & Gupta, G. D. (2008). Fast dissolving tablets of promethazine theoclate by using natural super disintegrants. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 1, 218-224.

Sturgeon, R. J. In glycoproteins and glycogen, (Ed. J. F. Kennedy), *Carbohydrate Chemistry*, 1988, 263-302.

Tavares, S. A., Pereira, J., Guerreiro, M. C., Pimenta, C. J., Pereira, L., & Missagia, S. V. (2011). Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada [Physical and chemical characteristics of the mucilage of lyophilized yam]. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 973-979.

Yamatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K. (1972). Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Journal of Agriculture and Biology Chemistry*, 36, 719-727.

Yeh, A. -I., Chan, T. -Y., & Chuang, G. C. -C. (2009). Effect of water content and mucilage on physico-chemical characteristics of yam (*Discorea alata* Purpurea) starch. *Journal of Food Engineering*, 95, 106-114.

Wu, Y., Cui, W., Eskin, N. A. M., & Goff, H. D. (2009). An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. *Food Research International*, 42, 1141-1146.

Zhou, X. L., Sun, P. N., Bucheli, P., Huang, T. H., Wang, D. (2009). FT-IR Methodology for Quality Control of Arabinogalactan Protein (AGP) Extracted from Green Tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 5121–5128.

ARTIGO 2

CARACTERIZAÇÃO DA MUCILAGEM DE TARO BRUTA E PURIFICADA

(Artigo preparado de acordo com as normas da revista Food Chemistry)

Luan Alberto Andrade*, Daniele Aparecida de Oliveira Silva, Cleiton Antonio Nunes, Joelma Pereira

Laboratório de Grãos Raízes e Tubérculos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brazil

*Corresponding author. Phone: +55-35-3829-1660; FAX: +55-35-3829-1401; E-mail: luandrade87@yahoo.com.br

Resumo

O trabalho foi realizado com o objetivo de investigar a composição química, as características estruturais e o comportamento térmico da mucilagem purificada de taro (MP) e, assim, justificar a sua utilização como aditivo natural, sempre a comparando com a mucilagem bruta (MB), anteriormente já comprovada, com função de emulsificante na panificação. A MB tem elevado teor de glicose em virtude da presença de amido, consequência da simples extração. A MP é formada, principalmente, por arabinogalactanas e pode estar ligada a proteínas, formando a glicoproteína AGP (proteína arabinogalactana), podendo essa macromolécula ser responsável pelo poder emulsificante, como ocorre na goma arábica. Pode-se concluir que o processo desenvolvido no presente trabalho para a purificação da mucilagem de taro, envolvendo extração a frio e usando apenas álcool etílico como agente químico, apresenta resultados satisfatórios para a obtenção de um hidrócoloide com elevado teor de proteína e carboidratos que pode ser utilizado como aditivo em alimentos.

Palavras-chave: Aditivo natural; AGP; Aminoácidos Apolares; Arabinogalactana; Molécula anfifílica.

1 Introdução

O taro (*Colocasia esculenta*) é um importante alimento para milhões de pessoas, sendo cultivado exclusivamente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, raramente em grandes plantações, em pequenas propriedades com pouca tecnologia (Huang, Chen & Wang, 2007). Os rizomas dessa hortaliça têm elevado teor de mucilagem, sendo que acima de 10,7% de mucilagem bruta podem ser extraídos dos rizomas de taro com água quente (Gaïnd et al, 1968 apud NIP, 1997).

A mucilagem de taro desempenha papel de interesse na indústria de alimentos devido às suas propriedades como espessante, estabilizante e emulsificante (Tavares, Pereira, Guerreiro, Pimenta, Pereira & Missagia, 2011). Porém, para uma melhor ação desse aditivo natural, é interessante padronizar uma forma de extração em que não haja impurezas que interfiram nas suas propriedades.

A mucilagem extraída por Andrade, Nunes e Pereira (2015) e Tavares et al. (2011) pode ser considerada como mucilagem bruta, pois há presença de amido, impureza que não contribui para a ação emulsificante da mucilagem (Andrade et al, 2015; Lin & Huang, 1993).

Lin e Huang (1993) utilizaram uma extração, comparando as temperaturas de 4 °C e 70 °C. Nesse trabalho houve a precipitação da mucilagem com etanol e utilização de ácido tricloroacético para a retirada de proteínas solúveis e secagem a 40 °C. Estes autores encontraram ausência de amido na extração a 4 °C, mostrando que a extração da mucilagem de taro deve ser a temperaturas mais baixas, para evitar a presença desse interferente.

Para Andrade et al. (2015), o poder emulsificante da mucilagem de taro decorre, principalmente, do teor de proteínas, com a presença de aminoácidos apolares, especialmente leucina, isoleucina e o triptofano. A presença do grupo

metil, observado no espectro de infravermelho, e a presença de pequenas quantidades de lipídeos também podem contribuir para o poder emulsificante, proporcionando a porção hidrofóbica. A porção hidrofílica consiste, principalmente, de hidratos de carbono contendo hidroxila.

Um entendimento sobre as propriedades físico-químicas e estruturais da mucilagem bruta e purificada é essencial para a exploração do potencial de uma delas ou de ambas como aditivo em alimentos ou em outras aplicações industriais (Sigh & Bothara, 2014).

Portanto, o objetivo, no presente trabalho, foi investigar a composição química, as características estruturais e o comportamento térmico da mucilagem purificada de taro e, assim, justificar a sua utilização como aditivo natural, sempre a comparando com a mucilagem bruta, anteriormente já comprovada com função de emulsificante na panificação.

2 Material e Métodos

2.1 Extração da mucilagem bruta e purificada do rizoma de taro

Após aquisição dos rizomas de taro (*Colocasia esculenta*) no comércio varejista de hortifrutigranjeiros, eles foram lavados em água corrente, descascados e, novamente, lavados em água corrente. Posteriormente, foram utilizados para a extração das mucilagens bruta e purificada.

2.1.1 Mucilagem bruta de taro (MB)

Porções de 300 g do rizoma de taro foram trituradas em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil), por cinco minutos e, no final, todas as porções foram reunidas e homogeneizadas.

A mucilagem foi extraída manualmente do taro triturado por filtração em malha de poliéster (40 cm x 40 cm), como citado por Contado, Pereira, Evangelista, Lima Júnior, Romano e Couto (2009).

A mucilagem filtrada foi liofilizada por, aproximadamente, 75 horas no aparelho Liobras (L101) e, posteriormente, macerada, homogeneizada e mantida em dessecador contendo sílica.

2.1.2 Mucilagem purificada de taro (MP)

Parte da metodologia utilizada por Yeh, Chan e Chuang (2009) foi seguida, porém, com algumas modificações. Os rizomas de taro, após serem descascados e picados, foram embebidos em água destilada na quantidade de três vezes o seu volume. Após trituração em liquidificador industrial (Lucre, Catanduva, Brasil) em velocidade máxima durante dois minutos, a mistura foi filtrada em tecido de poliéster (40 cm x 40 cm). O resíduo proveniente da filtração foi misturado com água destilada na quantidade de três vezes o seu volume. Homogeneizou-se e filtrou-se novamente. Os filtrados foram reunidos e centrifugados a 10.000 g, à temperatura de 4 °C, durante 20 minutos. O sobrenadante proveniente da centrifugação foi utilizado para o isolamento da mucilagem.

Ao sobrenadante foi adicionado três vezes o seu volume de álcool etílico 99,5%, para precipitar a mucilagem. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 10.000 g, por 10 minutos. Após centrifugação, o precipitado foi seco em estufa a vácuo (SOLAB SL 104/40, Piracicaba, Brasil), a 40 °C, durante 24 horas.

O material obtido foi macerado, homogeneizado e mantido em dessecador com sílica.

2.2 Caracterização da MB e MP

2.2.1 Composição Centesimal

Para a realização da composição centesimal foram realizadas as seguintes análises:

1. umidade: determinada por método rápido, utilizando-se analisador de umidade por infravermelho (MOC-120H, Shimadzu, Brasil);
2. extrato etéreo: de acordo com a metodologia nº 925.38 da AOAC (2000);
3. proteína bruta: de acordo com o método de micro- Kjeldahl nº 920.87 da AOAC (2000);
4. cinzas: de acordo com o método gravimétrico da AOAC, (2000) nº 923.03, com calcinação a 550 °C, com permanência da amostra dentro da mufla-FORNITEC, modelo 1926, Brasil;
5. fibra bruta: de acordo com Van de Kamer e Van Ginkel (1952);
6. fração glicídica (extrato não nitrogenado): o método utilizado foi por diferença, como determina a AOAC (2000), segundo a Equação 1.

$$\text{Fração glicídica} = 100 - (\text{extrato etéreo} + \text{proteína} + \text{fibra bruta} + \text{cinza}) \text{ (Equação 1)}$$

Todos os resultados da composição centesimal encontram-se na matéria seca.

2.2.2 Teor de amido

O amido foi extraído por hidrólise ácida, segundo técnica da AOAC (1990) e identificado pelo método de Somogy, modificada por Nelson (1944). O resultado foi expresso em g 100 g⁻¹ de matéria seca.

2.2.3 Determinação de monossacarídeos

Utilizaram-se oito padrões, que foram a fucose, arabinose, ramnose, galactose, glicose, manose, xilose e frutose. Para a hidrólise dos carboidratos, utilizaram-se 0,8 mL de solução de ácido sulfúrico 72% na amostra previamente homogeneizada que permaneceu em repouso por 1 hora. Adicionaram-se 5,0 mL de água ultrapura e submeteu-se o frasco ao vácuo e ultrassom por 5 minutos. A amostra foi aquecida até 90 °C, por 4 horas, no bloco digestor. Esfriou-se e transferiu-se com água ultrapura para béquer de 100 mL. Ajustou-se o pH entre 7,0 e 11,5. Transferiu-se para balão volumétrico e completou-se com água ultrapura.

Para a determinação quantitativa dos monossacarídeos foi utilizado o HPLC, composto por bomba Modelo ICS-3000SP (Marca Dionex); injetor automático Modelo AS (Marca Dionex) operando com detector eletroquímico amperométrico Modelo ICS-3000 ED (IntAmp) (Marca Dionex). A coluna utilizada foi a CarboPac TM PA 1, 4 x 250 mm, à temperatura de 22 °C. Para a quantificação dos monossacarídeos, a fase móvel utilizada foi água ultrapura, com fluxo de 0,7 mL min⁻¹ e volume de injeção de 25 µL. A solução de NaOH (200 mmol L⁻¹) e fluxo de 0,3 mL min⁻¹ foram utilizados para pós-coluna.

A quantificação dos monossacarídeos foi realizada por comparação da área dos picos das amostras com a curva padrão de calibração.

2.2.4 Determinação de aminoácidos

A determinação dos teores de aminoácidos foi efetuada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC). As amostras passaram por hidrólise prévia com ácido clorídrico 6,0 mol L⁻¹ e 3% de fenol (m v⁻¹). Posteriormente, os tubos foram acondicionados à reação térmica, deixando-os por 24 horas, a 110 °C. Com adição de fenilisotiocianato (PITC) ocorreu a

derivatização dos aminoácidos segundo Hagen, Frost e Augustin (1989), que foram separados em fase reversa, utilizando-se coluna LUNA C18 (100Å, 5µm 250x4,6 mm; cód. 00G-4252-EQ), e quantificados por detector UV a 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multinível, utilizando-se como padrão interno o ácido α -aminobutírico, como descrito por White, Hart e Fry (1986).

2.2.4.1 Determinação do aminoácido triptofano

O aminoácido triptofano foi determinado conforme metodologia proposta por Lucas e Sotelo (1980).

2.2.5 Minerais

Os minerais cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro foram determinados por espectrometria de absorção atômica; fósforo, enxofre e boro, por espectrofotometria e potássio, por fotometria de chama, de acordo com as técnicas descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). O resultado foi expresso em g 100 g⁻¹ da matéria seca, para os macrominerais e em mg kg⁻¹, para os microminerais.

2.2.6 Difratometria de raios-X (DRX)

As mucilagens foram analisadas por difratometria de raios X, método do pó, utilizando-se um aparelho PANalytical, modelo Xpert Pro., com variação angular de 4° a 70° 2 θ , radiação de CoK α e velocidade de varredura de 5° min⁻¹.

2.2.7 Análises Térmicas

As análises termogravimétrica e térmica diferencial (ATG e DTA) foram realizadas em analisador termogravimétrico (modelo DTG – 60H Shimadzu Corp., Sartorius AG Germany), na faixa de 30 °C a 600 °C, com varredura de 10 °C min⁻¹ em atmosfera de N₂ com fluxo de 50 mL min⁻¹.

2.3 Análise estatística

Foi realizada análise de variância nos resultados, apresentados como médias e desvio padrão, com o objetivo de detectar diferenças significativas entre as amostras nas análises da composição centesimal.

3 Resultados e Discussão

3.1 Composição centesimal e teor de amido

Na Tabela 1 encontram-se os componentes químicos das duas mucilagens de taro estudadas.

Tabela 1 Componentes químicos das mucilagens bruta (MB) e purificada (MP) de taro na matéria seca

Componentes	MB	MP	$H_0: \mu_{MB} = \mu_{MP}$
Umidade (g 100 g ⁻¹)	7,17±0,06	12,7±0,10	*
Extrato etéreo (g 100 g ⁻¹)	0,62±0,09	0,29±0,04	*
Proteína bruta (g 100 g ⁻¹)	8,49±0,12	47,38±0,32	*
Fibra bruta (g 100 g ⁻¹)	0,00±0,00	0,03±0,00	NS
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	6,26±0,05	13,34±0,10	*
Fração glicídica (g 100 g ⁻¹)	84,63±0,21	38,96±0,39	*
Amido (g 100 g ⁻¹)	0,00±0,00	63,42±3,37	*

H₀: hipótese, se a média de MB é igual à média de MP. * Rejeita-se a hipótese de que as médias dos tratamentos são iguais, a 5% de significância. NS: não significativo, considera-se que as médias do tratamento são iguais, a 5% de significância

Somente o teor de fibra bruta foi considerado igual, a 5% de probabilidade, pelo teste estatístico, para as duas mucilagens, sendo o valor encontrado para a MP insignificante.

O teor de extrato etéreo presente nas duas mucilagens é muito baixo, inferior a 1,0%. Andrade et al. (2015) detectaram alto valor de extrato etéreo nos emulsificantes comerciais estudados (CSL, SSL, monoglicerídeos, lecitina e DATEM), variando entre 48,02% a 96,16%, caracterizando-se este componente químico como responsável pelo poder emulsificante. Porém, como a MB e a MP apresentaram baixo teor para este grupo no presente trabalho, certamente a fração lipídica não deve ser a principal responsável pela atividade emulsificante, justificando, assim, estudo mais aprofundado da sua composição polissacarídica e proteica.

Os teores de umidade, extrato etéreo e proteína da MB estão próximos aos encontrados nos trabalhos de Tavares et al. (2011) e Contado et al. (2009), mas o de fibra bruta, cinzas e fração glicídica se diferenciam dos de alguns trabalhos (Andrade et al, 2015; Tavares et al, 2011; Contado et al, 2009; El-Mahdi & El-Sebaiy, 1984). Esta variação pode ser devido ao estágio fisiológico do vegetal utilizado e/ou da forma de extração utilizada.

Pode-se observar que a extração a frio, isto é, a purificação, devido à retirada de amido, concentrou o teor de proteína, o que era esperado. O teor de proteína aumentou na MP aproximadamente 5,5 vezes em relação ao valor encontrado para a MB. Este elevado teor pode aumentar a sua capacidade emulsificante. De acordo com Andrade et al. (2015), a ação emulsificante da mucilagem, aqui chamada de bruta, é devido à presença de carboidratos, contribuindo com a parte hidrofílica, e à proteína com seus aminoácidos hidrofóbicos, contribuindo com a parte apolar. Portanto, concentrando-se a proteína, acredita-se que essa propriedade seja intensificada e aumente sua ação no processamento de alimentos. Jiang e Ramsden (1999) extraíram a mucilagem

de taro, inicialmente à baixa temperatura, para minimizar a contaminação com amido, como realizado no presente trabalho, porém, além da baixa temperatura, utilizou também hidrólise enzimática para remoção do amido remanescente, o que não foi necessário no presente trabalho.

Njintang, Boudjeko, Tatsadjieu, Nguema-Ona, Scher e Mbofung (2011) utilizaram tampão salino na extração da mucilagem, no intuito de isolar a mucilagem rica de fração proteica e encontraram valores proteicos entre 30% a 50%, dependendo da variedade. O presente trabalho, com apenas centrifugação a frio (4 °C) e precipitação com álcool etílico 99,5%, foi capaz de revelar elevado teor desta fração e eliminar a fração amido que na MB tinha uma percentagem de $63,42 \pm 3,37$, semelhante ao do trabalho de Tavares et al. (2011) e inferior ao de Andrade et al. (2015a), 47,10%.

Faccio, Machado, Souza, Zoldan e Quadri (2015) estudaram a mucilagem da fruta jaracatiá, na forma bruta e parcialmente purificada, isto é, precipitando a mucilagem bruta com álcool etílico. O teor de proteína aumentou e o de carboidrato diminuiu, semelhante ao que ocorreu no presente trabalho, porém, em menor proporção. A diminuição da fração glicídica pode ser explicada pela diminuição de açúcares redutores, uma vez que são solúveis em álcool etílico (Faccio et al, 2015), além da retirada do amido com a centrifugação a 4 °C.

Pode-se observar também que, após a purificação, houve o aumento da concentração do teor de cinzas em, aproximadamente, duas vezes.

No inhame/taro, o teor máximo de matéria seca é alcançado próximo da maturação fisiológica, enquanto o teor máximo de proteínas ocorre bem antes do período de maturação. O maior acúmulo de amido ocorre aos seis meses após o plantio, havendo uma redução no oitavo mês (Brillouet, Treche & Sealy, 1981; Ketiku & Oyenuga, 1973). Além disso, na maturação, pode ocorrer a conversão

de ácidos orgânicos em açúcares. Dessa forma, pode-se dizer que a composição química varia conforme o estágio fisiológico dos vegetais.

3.2 Determinação de monossacarídeos

Na Tabela 2 constam as percentagens de monossacarídeos presentes nas mucilagens bruta e purificada de taro.

Tabela 2 Teores de monossacarídeos presentes nas mucilagens bruta e purificada de taro

Monossacarídeos	Mucilagem bruta (MB)	Mucilagem purificada (MP)
	(g 100 g ⁻¹)	
Arabinose	0,66	16,68
Galactose	1,46	72,38
Glicose	97,88	10,94
Fucose	0,00	0,00
Xilose	0,00	0,00
Manose	0,00	0,00
Frutose	0,00	0,00
Ramnose	0,00	0,00

Não foi detectada presença dos açúcares fucose, xilose, manose, frutose e ramnose nas duas mucilagens.

Na MB há um elevado teor de glicose, isto devido ao alto teor de amido, cerca de 63,42%, como ocorreu no trabalho de Andrade et al. 2015.

Com a purificação da mucilagem, isto é, a retirada principalmente de amido, houve um destaque maior para galactose e arabinose e diminuição da glicose, podendo, neste caso, ter uma concentração maior de proteína-arabinogalactana (AGP), a qual poderia ser a responsável pelo poder

emulsificante, uma vez que, segundo o trabalho de Jiang e Ramsden (1999), a mucilagem de taro tem entre 93,2% a 98,2% de AGP.

As AGPs são macromoléculas que se encontram em praticamente todas as partes das plantas, sendo associadas com vários aspectos de crescimento e desenvolvimento do vegetal (Sanchez, Tafur, Rodriguez-Monroy & Sepulveda-Jiménez, 2009).

A pequena percentagem de glicose presente na MP pode ser devido à presença de carboidratos de massa molar menor, que não foi retirada com a centrifugação e a precipitação ou resíduo de glicose na própria estrutura da AGP. De acordo com Mollard e Joseleau (1994), a AGP da goma arábica, responsável pelo seu poder emulsificante (Faucconier, Blecker, Groyne, Razafindralambo, Vanzeveren, Marlier & Paquot, 2000), tem como principais monossacarídeos, arabinose, galactose, ramnose e glicose, mostrando que glicose pode estar nesta estrutura química.

Para Faccio et al. (2015), a mucilagem tem composição variada de monossacarídeos, que depende da matéria-prima utilizada para extração. No caso da mucilagem de taro, pode-se concluir que seja uma arabinogalactana, que está numa proporção de 4:1 de galactose para arabinose, respectivamente, coerente com o trabalho de Jiang e Ramsden (1999).

3.3 Determinação de aminoácidos

Na Tabela 3 observa-se o perfil de aminoácidos das mucilagens estudadas em relação ao total de proteína presente. Percebe-se que a purificação concentrou os aminoácidos, com exceção apenas do aminoácido taurina.

Tabela 3 Perfil de aminoácidos da mucilagem bruta (MB) e purificada (MP) de taro

Aminoácidos	MB	MP
Alanina	0,43	2,2
Isoleucina	0,28	1,39
Leucina	0,62	4,28
Fenilalanina	0,46	2,66
Prolina	0,34	2,01
Triptofano	0,15	0,80
Valina	0,40	2,63
Metionina	0,10	0,46
Ác. aspártico	1,54	7,26
Ác. glutâmico	0,97	4,87
Serina	0,54	2,87
Glicina	0,45	2,75
Histidina	0,24	1,29
Taurina	0,01	0,00
Arginina	0,73	3,50
Treonina	0,40	2,23
Tirosina	0,38	2,52
Cistina	0,16	1,31
Lisina	0,36	2,48

Sendo MB: Mucilagem bruta de taro e MP: Mucilagem purificada de taro

Conhecer os aminoácidos predominantes nas amostras estudadas é importante, pois podem ser eles os responsáveis pelo poder emulsificante, fornecendo, portanto, a parte hidrofóbica, já que a parte hidrofílica é representada pelos carboidratos presentes.

Os principais aminoácidos nas duas mucilagens foram ácido aspártico e glutâmico, leucina, arginina, serina, glicina, fenilalanina, lisina, alanina, prolina, treonina, tirosina e valina, nesta ordem, sendo leucina, fenilalanina, prolina e valina com radicais apolares. Outros aminoácidos apolares ou fracamente polares também estão presentes em menor proporção, como isoleucina, metionina e triptofano.

No trabalho de Njintang et al. (2011) foram encontrados como principais aminoácidos na mucilagem de seis variedades de taro ácido aspártico, asparagina, glutamina, ácido glutâmico, glicina, leucina e serina, semelhante ao encontrado no presente trabalho para ambas as mucilagens.

Para Mollard e Joseleau (1994), os principais aminoácidos presentes na AGP da *Acácia Senegal* são alanina, serina, asparagina e glutamina, que estão presentes nas mucilagens bruta e purificada, evidenciando a presença de AGP.

De acordo com o trabalho de Dickinson (2003), pode-se dizer que, na maioria dos casos, a capacidade emulsificante de alguns polímeros de hidratos de carbono pode ser atribuída, principalmente, à presença de proteína, quer como um contaminante ou como ligante de forma covalente (ou fisicamente associado), tendo-se, então, um complexo de proteína-polissacarídeo. Pode-se inferir, portanto, que a presença de proteína é a responsável, totalmente ou em partes, pelo poder emulsificante das mucilagens estudadas.

Como houve uma purificação da MB e consequente concentração de proteínas, pode-se concluir que a capacidade emulsificante da MP é superior a MB, podendo ser utilizada em produtos de panificação como aditivo natural.

3.4 Determinação de minerais

O teor de cinzas dobrou com a purificação. Portanto, é interessante conhecer os principais minerais presentes nessa fração inorgânica (Tabela 3).

Tabela 3 Principais macro e microminerais presentes nas mucilagens bruta e purificada (MB e MP) de taro

Minerais	MB	MP
P (g 100 g ⁻¹)	0,33	2,05
K (g 100 g ⁻¹)	4,31	3,83
Ca (g 100 g ⁻¹)	0,02	0,70
Mg (g 100 g ⁻¹)	0,13	0,60
S (g 100 g ⁻¹)	0,16	0,50
B (mg kg ⁻¹)	4,1	1,4
Cu (mg kg ⁻¹)	6,4	23,5
Mn (mg kg ⁻¹)	26,9	234,8
Zn (mg kg ⁻¹)	44,7	186,6
Fe (mg kg ⁻¹)	47,3	318,5

MB: mucilagem bruta de taro e MP: mucilagem purificada de taro

Os minerais P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn e Fe aumentaram a sua concentração na MP. O macromineral K se destacou para a MB e MP, como nos trabalhos de Tavares et al. (2011) e Nagata, Andrade e Pereira (2014). Para os microminerais, o destaque foi para Mn, Zn e Fe, principalmente para a MP.

De acordo com Mercê, Fernades, Mangrich, Sierakowski e Szpoganicz (2001), as galactomananas (goma guar e goma locusta, por exemplo) e arabinogalactanas (goma arábica) têm a capacidade de formar quelatos com íons metálicos, sendo de grande interesse para as indústrias de alimentos, as quais visam o enriquecimento dos alimentos com íons essenciais à dieta alimentar. Vários monossacarídeos, incluindo galactose e manose, formam complexos com íons de ferro (III).

3.5 Difractometria de raios X (DRX)

Os padrões de difração de raios X das mucilagens estão apresentados na Figura 1.

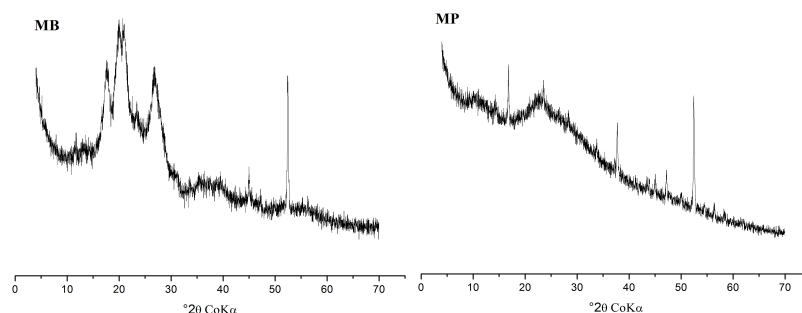


Figura 1 Difratoogramas de raios X das mucilagens bruta e purificada (MB e MP) de taro

A DRX fornece informações sobre a estrutura do material, em que o difratograma pode apresentar perfil amorfo, semicristalino ou cristalino.

Na faixa de $4^\circ < 2\theta < 70^\circ$, as mucilagens avaliadas apresentam padrões característicos de estado semicristalino. Porém, devido à presença de picos mais estreitos na MB, a sua cristalinidade, consequentemente, é maior que a MP. A maior cristalinidade de MB é explicada pelo seu elevado teor de amido.

O amido é um polissacarídeo de reserva dos vegetais e está armazenado sob a forma de grânulos, que apresentam certo grau de organização molecular, o que confere aos mesmos um caráter parcialmente cristalino ou semicristalino, com graus de cristalinidade que variam de 20% a 45% (Young, 1984).

Mishra, Yadav, Pal e Singh (2006) obtiveram o difratograma de raios X para a mucilagem de fenugreek, em que observaram estrutura semicristalina, semelhante ao presente trabalho. Em outro trabalho, a mucilagem extraída de sementes de *Diospyros melonoxylon* Roxb. apresentou estrutura totalmente amorfa (Sigh & Bothara, 2014).

3.6 Comportamento térmico das mucilagens

A análise termogravimétrica é um método simples e preciso para estudar o padrão de decomposição e a estabilidade térmica dos polímeros (Sigh & Bothara, 2014). As curvas de ATG (análise termogravimétrica) e de DTA (análise térmica diferencial) podem ser observadas na Figura 2.

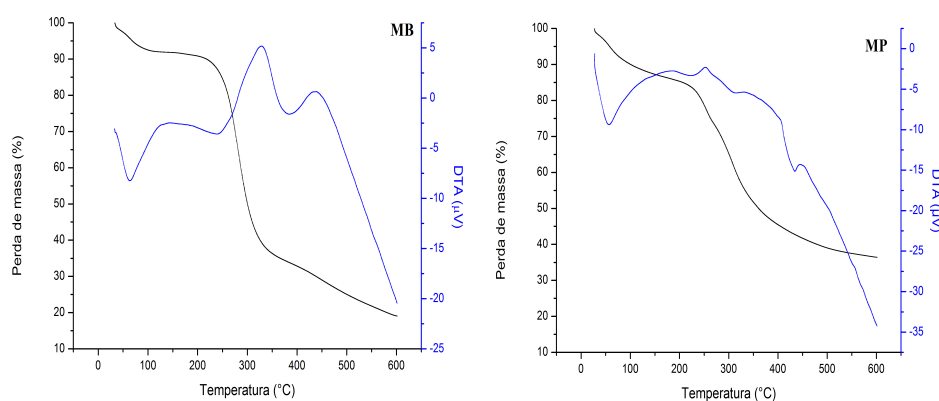


Figura 2 Curvas de ATG e DTA da mucilagem bruta (MB) e purificada (MP) de taro

Para Tavares et al. (2011), as características físicas e químicas, além das térmicas da mucilagem de taro, estão diretamente envolvidas com suas propriedades funcionais.

Observa-se, na Figura 2, uma primeira perda até, aproximadamente, 105 °C para a MB e 130 °C para a MP, com perda média de massa de, aproximadamente, 8,0% e 12,0% respectivamente, que pode ser a perda de água e compostos voláteis (Tavares et al, 2011). A massa inicial perdida é coerente com o teor de umidade presente na Tabela 1. A curva DTA mostra um pico

endotérmico para essa primeira perda, que pode representar a volatilização da água.

A segunda perda para MB e MP variou entre 210 °C a 340 °C e de 220 °C a 405 °C, respectivamente, com perda de massa próximo de 53% e 39%. Essa segunda perda mostra a despolimerização do hidrocoloide extraído, ambas com pico exotérmico, isto é, para a despolimerização e a desorganização da estrutura do hidrocoloide há uma perda/liberação de energia.

Posteriormente, os materiais perderam massa até 600 °C, com massa final de 19% e 36% para MB e MP, respectivamente, com picos exotérmicos e endotérmicos para ambas, mostrando composição diferente para a perda final de massa.

Pode-se observar que o hidrocoloide puro é mais resistente à temperatura máxima de 600 °C, mesmo tendo elevado teor proteico. Porém, para ambas as mucilagens, houve maior perda de massa em temperaturas superiores a 200 °C, mesmo com a retirada de amido na MP, o que inviabiliza seu uso acima dessa temperatura. Isso porque temperaturas superiores podem conduzir à distorção e à degradação do polímero, fazendo com que ele perca a sua aplicabilidade e propriedades funcionais (FACCIO et al, 2015), coerente com o trabalho de Tavares et al. (2011).

O elevado teor de resíduo após o evento final (aproximadamente 19,4% e 36,40% para MB e MP, respectivamente) é atribuído aos elevados teores de carboidratos e minerais presentes nas amostras (Conceição, Junqueira, Silva, Prado & Resende, 2014), sendo que na MP o teor de minerais é o dobro da MB, como observado na Tabela 1. Além disso, este fato também mostra que os componentes finais da MP têm maior estabilidade.

4 Conclusão

A extração da mucilagem de taro a frio apresenta resultados satisfatórios para a obtenção de um aditivo com elevado teor de proteína e ausência de amido, o que não acontece com a MB.

A MP é formada, principalmente, por arabinogalactanas, que podem estar ligadas a proteínas, formando a glicoproteína AGP, podendo essa macromolécula ser responsável pelo poder emulsificante, como ocorre na goma arábica.

Em relação ao comportamento térmico, as mucilagens bruta e purificada demonstraram maior perda de massa à temperatura média de 200 °C, o que inviabiliza o seu uso acima dessa temperatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográfica

Andrade, L. A., Nunes, C. A., & Pereira, J. (2015). Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. *Food Chemistry*, 178, 331-338.

AOAC. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. (2000). *Official methods of the Association of Agricultural Chemists* (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Brillouet, J. M., Treche, S., & Sealy, L. (1981). Alterations in cell wall constituents of yams *Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata* with maturation and storage conditions. Relation with post-harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers. *Journal of Food Science*, 46, 1964-1967.

Conceição, M. C., Junqueira, L. A., Guedes Silva, K. C., Prado, M. E. T., & De Resende, J. V. (2014). Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. *Food Hydrocolloids*, 40, 104-114.

Contado, E. W. N. F., Pereira, J., Evangelista, S. R., Lima Junior, F. A. de, Romano, L. M., & Couto, E. M. (2009). Composição centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea* spp.) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1813-1818.

Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17, 25-39.

El-Mahdy, A. R., & El-Sebaiy, L. A. (1984). Preliminary studies on the mucilages extracted from okra fruits, taro tubers, jew's mellow leaves and fenugreek seeds. *Food Chemistry*, 14, 237-249.

Faccio C., Machado R. A., de Souza, L. M., Zoldan, S. R., & Quadri, M. G. (2015). Characterization of the mucilage extracted from jaracatiá (*Carica quercifolia* (A. St. Hil.) Hieron). *Carbohydrate Polymers*, 131, 370-376.

Fauconnier, M. -L., Blecker, C., Groyne, J., Razafindralambo, H., Vanzeveren, E., Marlier, M., & Paquot, M. (2000). Characterization of two Acacia gums and their fractions using a Langmuir film balance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2709-2712.

Hagen, S. R., Frost, B., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 72, 912-916.

Huang, C., Chen, W., & Wang, C. (2007). Comparison of Taiwan paddy- and upland-cultivated taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for nutritive values. *Food Chemistry*, 102, 250-256.

Jiang, G., & Ramsdem, L. (1999). Characterization and yield of the arabinogalactanas-protein mucilage of taro corms. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 79, 671-674.

Ketiku, A. O., & Oyenuga, Y. A. (1973). Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*Dioscorea rotundata* pois.) during growth. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 24, 367-373.

Lin, H., & Huang, A. S. (1993). Chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum in taro. *Food Chemistry*, 48, 403-409.

Lucas, B., & Sotelo, A. (1980). Effect of different alkalies, temperature, and hydrolyses times on tryptophan determination of pure proteins and of foods. *Analytical Biochemistry*, 109, 192- 197.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 319 p.

Mercê, A. L. R., Fernandes, E., Mangrich, A. S., Sierakowski, M. R., & Szpoganicz, B. (2001). Fe (III) Galactomannan solid and aqueous complexes potentiometric, EPR spectroscopy and thermal data. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 12, 791-798.

Mishra, A., Yadav, A., Pal, S., & Singh, A. (2006). Biodegradable graft copolymers of fenugreek mucilage and polyacrylamide: A renewable reservoir to biomaterials. *Carbohydrates Polymers*, 65, 58–63.

Mollard, A., & Joselea, U. J. P. (1994). *Acacia senegal* cells cultured in suspension secrete a hydroxyproline deficient arabinogalactan-protein. *Plant Physiology Biochemistry*, 32, 703-709.

Nagata, C. L. P., Andrade, L. A., & Pereira, J. (2014). Optimization of taro mucilage and fat levels in sliced breads. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5890–5897.

Nelson, N. A. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal Biological Chemistry*, 153, 135-375.

Nip, W. K. (1997). Taro. In: SMITH, D. S. et al. (Ed.). *Processing vegetables: science and technology*. (pp. 355-387) Lancaster: Technomic.

Njintang, N. Y., Boudjeko, T., Tatsadjieu, L. N., Nguema-Ona, E., Scher, J., & Mbofung, C. M. F. (2014). Compositional, spectroscopic and rheological analyses of mucilage isolated from taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corms. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 900-907. doi:10.1007/s13197-011-0580-0

Sánchez, A. M. H., Tafur, J. C., Rodriguez-Monroy, M., Sepúlveda-Jiménez, G. (2009). Las proteínas arabinogalactanos en cultivos de células vegetales. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 34, 170-176.

Singh, S., & Bothara, S. B. (2014). Physico-chemical and structural characterization of mucilage isolated from seeds of *Diospyros melonoxylon* Roxb. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50, 713-725.

Tavares, S. A., Pereira, J., Guerreiro, M. C., Pimenta, C. J., Pereira, L., & Missagia, S. V. (2011). Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada [Physical and chemical characteristics of the mucilage of lyophilized yam]. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 973-979.

van de Kamer, J. H., & van Ginkel, L.. (1952) Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chemistry*, 29, 239-251.

White, J.A., Hart, R. J., & Fry, J. C. (1986). An Evaluation of the waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8, 170-177.

Yeh, A. -I., Chan, T. -Y., & Chuang, G. C. -C. (2009). Effect of water content and mucilage on physico-chemical characteristics of yam (*Dioscorea alata* Purpurea) starch. *Journal of Food Engineering*, 95, 106-114.

Young, H. (1984). Fractionation of starch. In: Whistler, R. L., Bemiller, J. N., & Paschall, E. F. (Ed.). *Starch chemistry and technology*. (pp. 249-283), 2.ed. Orlando,USA: Academic Press.