



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

NÍVIAN CRISTINA ROMAN ROSS

**ELABORAÇÃO DE CHIPS DE BATATA YACON (*Smallanthus sonchifolius*) COM A
UTILIZAÇÃO COMBINADA DE XILITOL, SORBITOL E MALTITOL COMO
SOLUTOS DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

LARANJEIRAS DO SUL

2019

NÍVIAN CRISTINA ROMAN ROSS

**ELABORAÇÃO DE CHIPS DE BATATA YACON (*Smallanthus sonchifolius*)
COM A UTILIZAÇÃO COMBINADA DE XILITOL, SORBITOL E MALTITOL
COMO SOLUTOS DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Quast

Co-orientadora: Prof. Dra. Leda
Battesttin Quast

**Laranjeiras do Sul – PR
2019**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Ross, Nívian Cristina Roman

Elaboração de chips de batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) com a utilização combinada de xilitol, sorbitol e maltitol como solutos da desidratação osmótica / Nívian Cristina Roman Ross. -- 2019.
48 f.

Orientador: Doutor Ernesto Quast.

Co-orientadora: Doutora Leda Battesttin Quast.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos-PPGCTAL, Laranjeiras do Sul, PR, 2019.

1. Desidratação osmótica de yacon. I. Quast, Ernesto, orient. II. Quast, Leda Battesttin, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

NÍVIAN CRISTINA ROMAN ROSS

ELABORAÇÃO DE CHIPS DE BATATA YACON (*Smallanthus sonchifolius*)
COM A UTILIZAÇÃO COMBINADA DE XILITOL, SORBITOL E MALTITOL
COMO SOLUTOS DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

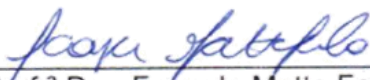
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

14, 05, 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ernesto Quast – UFFS
Orientador



Prof.ª Dra. Farayde Matta Fakhouri – UFGD



Prof.ª Dra. Adelia Grzybowski Jacoboski – CAMPO REAL

RESUMO

Comumente consumido *in natura*, o yacon é um tubérculo que tem diversos benefícios atribuídos ao seu consumo. O desenvolvimento de novos produtos utilizando esta matéria-prima pode agregar valor para o produtor e gerar alternativas de alimentos benéficos à saúde aos consumidores. Com este objetivo, avaliou-se a desidratação osmótica da batata yacon, através da utilização combinada dos edulcorantes sorbitol, xilitol e maltitol como solutos da pré-secagem osmótica (PSO). Foram avaliadas a perda de água e incorporação de solutos após 20, 40 e 60 minutos. Observou-se que a perda de água e a incorporação de sólidos aumentaram com o tempo, sendo observada uma maior incorporação de solutos com o aumento das concentrações de sorbitol, especialmente após 20 minutos de PSO. O aumento do tempo de PSO acarretou em maior incorporação de solutos com o aumento da concentração de xilitol. A incorporação de sólidos foi mínima utilizando-se teores superiores de maltitol. Com relação à perda de água, a mistura dos edulcorantes maltitol e xilitol acarretou em máxima perda de água, para os diferentes tempos de PSO. O uso do sorbitol acarretou em maior incorporação de solutos e relativa reduzida perda de água, não sendo a condição adequada para desidratação osmótica de batata yacon em fatias.

Palavras-chave: secagem, rendimento, edulcorantes

ABSTRACT

Commonly consumed as fresh food, yacon is a tuber that has several benefits attributed to its consumption. The development of new products using this raw material can add value to the producer and generate health food alternatives for consumers. With this objective, the osmotic dehydration of yacon potato was studied, evaluating the combined use of sweeteners sorbitol, xylitol and maltitol as osmotic pre-drying (PSO) solutes. Loss of water and incorporation of solutes were evaluated after 20, 40 and 60 minutes. It was observed that the loss of water and the incorporation of solids increased with time, being observed a greater incorporation of solutes with the increase of sorbitol concentrations, especially after 20 minutes of PSO. The increase of PSO time resulted in higher solutes incorporation with the increase of xylitol concentration. The incorporation of solids was minimal using higher levels of maltitol. With respect to water loss, the mixture of maltitol and xylitol sweeteners resulted in maximum water loss for different PSO times. The use of sorbitol resulted in higher solute incorporation and a relatively reduced water loss, and it was not a suitable condition for osmotic dehydration of potato yacon in slices.

Key words: drying, yield, sweeteners

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tubérculo da batata yacon	13
Figura 2: Etapas de preparo da amostra. (Fonte: a própria autora)	22
Figura 3: Perda de água utilizando-se 60% de cada edulcorante isoladamente	28
Figura 4: Modelo quadrático de superfície de resposta da perda de água em base úmida em 20 minutos.....	29
Figura 5: Modelo quadrático de superfície de resposta da perda de água em base úmida em 40 minutos.....	30
Figura 6: Modelo quadrático de superfície de resposta de perda de água em base úmida em 60 minutos.....	31
Figura 7: Incorporação de sólidos utilizando-se 60% de cada edulcorante isoladamente.....	32
Figura 8: Modelo quadrático de superfície de resposta da incorporação de sólidos em base úmida em 20 minutos.....	33
Figura 9: Modelo quadrático de superfície de resposta de incorporação de sólidos em base úmida em 40 minutos.....	34
Figura 10: Modelo quadrático de superfície de resposta de incorporação de sólidos em base úmida em 60 minutos.....	35
Figura 11: Perda de água em base úmida	36

SUMÁRIO

1	Introdução	8
2	Objetivos	10
2.1	Objetivo Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	Referencial Teórico	11
3.1	Alimentos Funcionais	11
3.2	Yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	12
3.2	Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC's).....	16
3.3	Desidratação Osmótica	17
3.4	Edulcorantes	19
4	Material e Métodos	21
4.1	Materiais	21
4.2	Metodologia	22
4.2.1	Preparo da amostra	23
4.2.2	Preparo das Soluções para a Desidratação Osmótica	23
4.2.3	Pré-secagem osmótica de fatias de batata yacon	25
4.2.4	Determinação de massa seca	26
4.2.5	Cálculo da perda de água e incorporação de solutos	26
4.2.6	Avaliação Estatística dos Resultados.....	27
5	Resultados e Discussão	28
5.1.	Perda de água	28
5.2.	Incorporação de sólidos	31
5.3.	Influência do tempo de PSO sobre a incorporação de solutos e a perda de água	35
6	Conclusões	38
7	Sugestões para Trabalhos Futuros	39
8	Referências	40

1 Introdução

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é um tubérculo cujo consumo está relacionado à promoção de benefícios à saúde e no auxílio para a prevenção de doenças. Dessa forma, é considerado um alimento com propriedades funcionais, devido a sua composição rica em compostos bioativos, em especial os fruto-oligossacarídeos (FOS), além de conter compostos fenólicos, minerais e fibras solúveis e insolúveis. Diversos estudos mostram seu potencial efeito na melhora da função intestinal, aumento na absorção de minerais, fortalecimento do sistema imune, aumento do controle dos níveis de glicemia em diabéticos, entre outros (BORGES et al., 2012; GUSSO et al., 2015).

A forma mais comum de consumo do yacon é *in natura*, sendo este consumo dificultado pela alta perecibilidade desta matéria prima, além de sua disponibilidade sazonal (VILHENA, 2000). Devido aos benefícios atribuídos ao consumo deste tubérculo e de modo a aumentar a vida útil do produto, tem se estudado sua utilização na elaboração de novos produtos como farinhas, pães, bolos, xaropes, entre outros (GENTA et al., 2009; MICHELS, 2005; MOURA, 2004; PRATI et al., 2009). Desta forma é importante a preservação de suas propriedades funcionais, com um número maior de alimentos prebióticos, a fim de haver a promoção de saúde e prevenção de doenças.

Alimentos prebióticos não são digeridos ou absorvidos pelo organismo humano. Como resultado, estes alimentos auxiliam no desenvolvimento de bactérias benéficas no intestino, levando ao fortalecimento da flora, favorecendo a absorção de nutrientes e a inibição do desenvolvimento de micro-organismos patogênicos no trato intestinal, aumentando a imunidade natural do organismo (FAO, 2007; FERREIRA et al., 2011).

Com o aumento da expectativa de vida da população e a maior disponibilidade do conhecimento técnico e científico, a busca e o desenvolvimento de alimentos tem tido o foco na produção de alimentos saudáveis. Aliado às tendências atuais de oferta de alimentos que sejam benéficos à saúde da população e visando auxiliar no aumento da oferta de produtos que utilizem o yacon como matéria prima, o presente estudo avaliou a desidratação osmótica do yacon utilizando a combinação de diferentes edulcorantes como solutos em substituição à sacarose para a obtenção de um produto com maior vida útil. A substituição da sacarose, comumente utilizada como soluto na pré-secagem

osmótica objetivou o desenvolvimento de um alimento que possa ser consumido por diabéticos, incentivado por trabalhos científicos que relacionam benefícios do consumo de yacon por indivíduos portadores de diabetes, que convivem diariamente com cuidados e restrições alimentares, principalmente em relação à redução da ingestão de açúcar (GUIGOZ et al., 2002; GUSSO et al., 2015; OJANSIVU et al., 2011).

A pré-secagem osmótica é um processo no qual parte da água presente no produto é retirado utilizando a pressão osmótica como força motriz para a transferência de massa. Dessa forma, permite diminuir o tempo de exposição do produto a elevadas temperaturas da secagem convencional, e menor perda das propriedades funcionais da matéria prima *in natura*. Por outro lado, trata-se de um processo de baixo custo, quando comparado à liofilização, que consiste no congelamento e retirada da água no estado sólido por sublimação. Embora este método seja o mais eficiente tecnicamente, o investimento e os custos operacionais da liofilização inviabilizam a produção em pequena escala ou para matérias primas de baixo valor agregado. Dessa forma, a pré-secagem osmótica pode ser uma alternativa para a produção em escala artesanal ou até mesmo industrial, desde que conhecidos os parâmetros técnicos do processo, que foram avaliados no presente trabalho (KOTOVICZ, 2011; MENDONÇA, 2014; RASTOGI et al., 2002).

Dessa forma, o presente trabalho tem como finalidade avaliar se existe uma interação entre os edulcorantes xilitol, maltitol e sorbitol e avaliar quais os parâmetros de concentração e tempo mais adequadas para o processo de desidratação osmótica de batata yacon.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a utilização combinada dos edulcorantes xilitol, maltitol e sorbitol como solutos no processo de desidratação osmótica de batata yacon.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a perda de água e a incorporação de solutos em fatias de batata yacon após a imersão em solução de edulcorantes contendo 60% de sólidos solúveis, após 20, 40 e 60 minutos.
- Avaliar a perda de água e a incorporação de solutos em fatias de batata yacon utilizando diferentes combinações dos edulcorantes xilitol, sorbitol e maltitol.

3 Referencial Teórico

3.1 Alimentos Funcionais

A associação entre a alimentação e as doenças crônicas não transmissíveis tem sido estabelecida há muitos anos, demonstrando que certos alimentos tem a capacidade de prevenir doenças cardiovasculares, desordens metabólicas e câncer. Na última década, as pesquisas apresentam um foco maior em alimentos saudáveis com o objetivo de promover qualidade de vida para a população e reduzir os custos com tratamento medicamentoso, reduzindo consequentemente, a demanda dos serviços de saúde (PEREIRA et al., 2016).

Uma vez que o intestino é caracterizado por manter uma microbiota complexa e dinâmica, que possui diversas funções, mas especialmente a de proteger o hospedeiro de doenças causadas por microrganismos. Uma microbiota equilibrada possui um importante papel na imunidade do sistema. Com o objetivo de melhorar uma microbiota, que pode estar desequilibrada por diversos fatores tais como dieta inadequada, radioterapia, tratamento com antibióticos, situações de estresse, entre outros, o consumo de substâncias prebióticas têm se mostrado efetivo (FAO, 2007).

Ademais, como os alimentos prebióticos são definidos como um componente alimentar não digerível diretamente pelo organismo hospedeiro, mas capaz de proporcionar benefícios à sua saúde por contribuir com o equilíbrio da microbiota benéfica na região do intestino grosso. Dessa forma, os prebióticos podem ser considerados alimentos funcionais, pois ajudam a promover melhoria bem-estar e saúde, além de reduzirem os riscos de doenças (FAO, 2007; FERREIRA et al., 2011).

Um alimento considerado fonte de propriedade funcional, deve além de apresentar um valor nutricional adequado, também proporcionar benefícios para prevenção de doenças relacionadas à alimentação ou melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (SIRÓ et al., 2008; FIGUEROA-GONZALEZ et al., 2011).

Os fruto-oligossacarídeos (FOS) e a inulina são caracterizados como prebióticos e fibras alimentares solúveis por não serem digeridos pelas enzimas do trato digestivo humano e pelo fato de proporcionarem o estímulo seletivo do crescimento e da atividade de bactérias intestinais, em especial as bifidobactérias, as quais são

consideradas promotoras de saúde (GIBSON & ROBERFROID, 1995; GUIGOZ et al., 2002).

Os FOS contém um valor calórico aproximadamente 25 a 35% menor que outros tipos de açúcares, tais como a sacarose e cerca de 86 a 90% de seu peso fresco é composto por água. Em sua forma comercial, normalmente apresenta uma validade em torno de uma semana em condições ambiente (HABIB et al., 2011; GOTO et al., 1995; BROCHIER et al., 2015a).

É comum a presença de compostos funcionais em vegetais, que apresentam reduzida vida útil. Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de processos e o conhecimento de parâmetros adequados que ajudem a aumentar sua vida de prateleira sem perda significativa de suas propriedades funcionais.

3.2 Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

O yacon, de nome científico *Smallanthus sonchifolius*, antigamente conhecido como *Polymnia sonchifolia* ou *Polymnia edulis*, pertence à família Asteraceae, de origem dos vales andinos da Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e noroeste da Argentina. É conhecido também por diferentes nomes como “aricoma” ou “jicama” no Peru e Equador e como “yacon strawberry”, nos Estados Unidos e “poire de terre” na França (MONTIEL, 1996; GRAU et al., 1997; MANRIQUE et al., 2004).

Foi introduzido na Europa há mais de 50 anos e no Brasil por volta de 1989, inicialmente na região de Capão Bonito, Estado de São Paulo, por imigrantes japoneses. Em meados dos anos 2000, iniciou-se o consumo expressivo dessa raiz, tornando-se conhecida popularmente como batata yacon ou batata *diet* (KAKIHARA et al., 1996; OLIVEIRA & NISHIMOTO, 2005; SANTANA & CARDOSO, 2008).

Com relação aos aspectos botânicos o yacon é uma planta que mede entre 1 e 2,5 metros de altura tendo um sistema de raiz composto de 4 a 20 tubérculos. As raízes podem variar de 50 a 1000 gramas, sendo a massa mais encontrada comumente entre 300 e 600 gramas. Uma única planta pode produzir até 10 kg de raízes, porém a média encontrada é de 2 a 4 kg, podendo variar em forma e tamanho, normalmente entre 15 e 20 cm de comprimento e 10 cm de espessura. Também pode apresentar diferentes cores como marrom, rosa, roxo e creme (SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003; HERBAL GUIDES, 2010). O tubérculo da batata yacon pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1: Tubérculo da batata yacon



Fonte: Acervo pessoal

O consumo mais comum do yacon é na forma crua. Nesta condição, sua textura e sabor remetem a uma combinação entre melancia e maçã. Seu consumo também pode ser cozido, assado ou desidratado na forma de chips, além de ser utilizado para preparar bebidas refrescantes. Quando se realiza a fervura do suco de yacon, o mesmo se transforma em blocos de açúcar, sendo conhecido como “chancaca” por nativos dos Andes (HERBAL GUIDES, 2010; PEDRESCHI et al., 2003; SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003).

A raiz tuberosa de yacon é considerada como um alimento funcional por apresentar em sua composição compostos bioativos promotores de benefícios a saúde, dentre estes, destacam-se os frutanos do tipo inulina e FOS. Também estão presentes compostos fenólicos como ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido cafeico, além de flavonoides como a quercetina (VANINI et al., 2009; SANTANA & CARDOSO, 2008; TAKENAKA et al., 2003; VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003).

Segundo estudo de Pereira et al., (2013), o yacon é rico em minerais, principalmente fósforo, potássio, magnésio, cobre e ferro, além de possuir elevadas quantidades de fibras solúveis e insolúveis. Os níveis de tanino, nitrato e ácido oxálico encontrados estão abaixo dos limites capazes de comprometer a biodisponibilidade de nutrientes ou causar intoxicação através do consumo por seres humanos.

Diversos trabalhos têm demonstrado que a batata yacon possui de 10 a 17% matéria seca, sendo a maioria hidratos de carbono. Destes, 50 a 70% são FOS e o restante são açúcares simples como a glucose, a frutose e a sacarose (GRAEFE et al., 2004; LOCK, 2005; BAUTISTA et al., 2007).

Castro et al., (2013), encontraram em raízes de yacon valores de 45g/100g de massa seca de fibra dietética total, sendo 35 gramas frutanos do tipo inulina e as 10 gramas restantes, polissacarídeos.

A composição fitoquímica do yacon não remete a preocupações sobre substâncias tóxicas ou antinutricionais. Ao contrário, conforme descrito anteriormente, apresenta uma composição nutricional bastante favorável ao combate de doenças como síndrome metabólica apresentando baixos valores calóricos e ação prebiótica. O consumo de yacon na dieta é bem tolerado e não produz respostas negativas ou efeitos de toxicidade. O consumo de quantidades elevadas de yacon está relacionado ao inchaço e flatulência, decorrentes da formação de gases por bactérias intestinais, devido aos FOS não digeríveis presentes no yacon (OJANSIVU et al., 2011; GENTA et al., 2005).

Conforme estudo realizado por Genta et al., (2005), a administração de 340 mg de FOS/kg de peso corporal em ratos, equivale à ingestão de 20 g de FOS em humanos. Durante o período de 120 dias, não foram observados efeitos tóxicos, demonstrando segurança no consumo. Esses valores são equivalentes a aproximadamente 200 g da raiz fresca ou 30 a 40 gramas de yacon desidratado na forma de chips.

O yacon pode ser considerado como um importante alimento fonte de compostos fenólicos que ajudam a prevenir processos degenerativos causados pelo estresse oxidativo. Dentre os compostos fenólicos destacam-se os taninos, por apresentarem a melhor contribuição para a atividade antioxidante do yacon (PEREIRA et al., 2016).

Estudos demonstram os efeitos benéficos do yacon, que é considerado como um dos alimentos com maior conteúdo de FOS na natureza. Entre alguns de seus efeitos relatados estão a melhoria da função intestinal, aumento na absorção de minerais, fortalecimento do sistema imunológico, prevenção de câncer de cólon e melhora do controle dos níveis glicêmicos em diabetes. Os extratos da raiz de yacon exibem atividade anti-edematosa tópica *in vivo*, o que pode estar relacionado ao resultado de uma ação anti-inflamatória, por exercerem efeitos a mediadores inflamatórios (SANTANA & CARDOSO, 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

Um dos benefícios do yacon mais referidos na literatura é quanto à redução da glicemia, indicando que este pode ser um alimento promissor no controle do diabetes mellitus (DM). De acordo com Oliveira et al., (2013), o uso de extrato aquoso de yacon mostrou melhora nos parâmetros bioquímicos relacionados à dislipidemia e a

hiperglicemia em ratos, mostrando-se eficaz na reversão de alterações patológicas causadas por DM. Resultados similares foram encontrados por Baroni et al., (2008), indicando que o tratamento com extrato de yacon também provocou a recuperação do peso corporal dos animais diabéticos. Dionísio et al., (2015), mostraram que os compostos bioativos, como FOS e compostos fenólicos em um preparo de bebida funcional de yacon e caju apresentaram propriedades hipoglicêmicas em ratos.

Genta et al., (2010), concluíram através de seus estudos, com extratos de *Smallanthus sonchifolius*, que a enidrina, a lactona sesquiterpênica principal das folhas de yacon foi a responsável pela redução dos níveis de glicose pós-prandial de ratos diabéticos. Os autores referiram ainda, que os derivados do ácido caféico são também princípios ativos relacionados ao efeito hipoglicêmico do yacon.

O efeito de protetor renal foi associado ao tratamento de decocção de yacon durante quatro semanas em ratos diabéticos, tendo amenizado a disfunção renal induzida pelo diabetes através da redução da expansão da matriz mesangial, a fibrose tubulointersticial, a atrofia tubular e albuminúria, conforme Honoré et al., (2012). Segundo os autores o tratamento com 10% de decocção de yacon pode ser considerado como uma nova forma terapêutica para retardar a progressão da nefropatia diabética precoce.

Outra função associada ao consumo de yacon é sobre o controle hipolipidêmico, ou seja, redução dos níveis de colesterol total no sangue, que o mesmo é capaz de exercer. Habib et al., (2011), afirmaram que os resultados de seu trabalho com ratos diabéticos sugeriram que a suplementação na dieta com yacon pode ser confirmadora dessa ação, apresentando benefícios terapêuticos no diabetes e em condições de hiperlipidemia, níveis elevados de colesterol total, através de mudanças no metabolismo de lipídeos. Os autores reforçam que os medicamentos não devem ser substituídos pelo consumo de yacon, mas o mesmo pode desempenhar um importante papel no complemento do tratamento.

A adição de yacon em suco de laranja industrializado em um estudo realizado por Teixeira et al., (2009), possibilitou aumento no teor de fibra alimentar e a presença de frutanos como FOS. Este trabalho revelou que a adição de yacon ao suco de laranja contribuiu para que a curva glicêmica do grupo de vinte estudantes participantes do estudo se mantivesse mais homogênea, o que favorece que o aumento e declínio da glicemia aconteçam de maneira gradativa.

3.2 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC's)

A utilização de plantas alimentícias, em especial as plantas alimentícias não convencionais (PANC's) faz parte da cultura e identidade de populações pertencentes a diferentes regiões e comunidades (VOGGESSER et al., 2013).

Algumas espécies de plantas de pequeno conhecimento popular ou que são, muitas vezes, denominadas como daninhas ou inço, possuem grande importância ecológica, sendo muitas delas alimentícias, porém sem exploração do seu potencial pela maior parte da população (KINUPP & BARROS, 2007).

Kinnup & Barros (2007), conceituam plantas alimentícias como aquelas que possuem alguma parte possível de ser consumida por seres humanos. São considerados como alguns exemplos raízes, tubérculos, bulbos, talos, folhas, brotos, sementes, frutos, flores, além de especiarias e plantas que são utilizadas para substituir o uso de sal, como corantes alimentares, edulcorantes, amaciantes de carne e para a fabricação de bebidas como infusões e tonificantes.

Existe cerca de 12.500 espécies de plantas potencialmente alimentícias listadas por Kunkel (1984), compreendendo 3.100 gêneros e aproximadamente 400 famílias, porém não há uma listagem completa de todas as plantas comestíveis do mundo. Muitas das espécies são conhecidas apenas pelas populações tradicionais, como comunidades indígenas e quilombolas, e agricultores locais (KUNGEL, 1984; KINNUP & BARROS, 2004).

Kinupp & Barros (2007) realizaram um estudo de levantamento de espécies nativas potencialmente alimentícias na região metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, tendo encontrado cerca de 280 espécies abrangendo 71 famílias e 65 gêneros, indicando que aproximadamente 19% das espécies nativas desta região podem ser utilizadas na alimentação humana. Em estudo similar realizado por Barreira et al 2015, na zona rural de Viçosa, em Minas Gerais, foram encontradas 59 espécies de plantas alimentícias não convencionais, distribuídas em 30 famílias botânicas e 48 gêneros.

Em outro estudo realizado por Kinupp & Barros (2004) através de pesquisa bibliográfica para identificar plantas alimentícias alternativas no Brasil, encontrou-se

cerca de 2.000 espécies não convencionais potencialmente comestíveis, compreendendo cerca de 168 famílias.

Devido ao fato do yacon ser pertencente à região dos vales andinos do Peru e Equador, possui baixo conhecimento entre a população brasileira, o qual é fundamental que seja difundido, por ser tratar de um alimento que pode ser considerado como planta alimentícia não convencional detentora de inúmeros benefícios à saúde do consumidor.

3.3 Desidratação Osmótica

Após a colheita da batata yacon, a concentração de FOS diminui ao longo do tempo durante o armazenamento devido à despolimerização, necessitando um consumo imediato para a manutenção de sua funcionalidade. Portanto, é necessária a aplicação de técnicas corretas para manter o yacon adequado para consumo por um período maior, preservando suas propriedades (BROCHIER et al., 2015b). A despolimerização, processo em que ocorre a conversão de FOS em monômeros, é decorrente de mudança na composição química devido à ação da enzima frutano hidrolase, que converte os FOS em glicose, frutose e sacarose, que serão utilizadas na forma de energia para a brotação das gemas e conseqüentemente a regeneração da planta (GRAEF et al., 2004; MANRIQUE et al., 2005; VILHENA, 1997).

A desidratação osmótica é uma alternativa para a manutenção das qualidades prebióticas do yacon. Consiste na imersão da matéria prima em uma solução hipertônica, onde a concentração osmótica da solução é maior do que a concentração osmótica das células vegetais. De modo a tentar chegar ao equilíbrio osmótico, parte da água do interior das células é removida por osmose. A força motriz para que ocorra a remoção de água acontece devido à diferença na pressão osmótica entre o alimento e a solução circundante. Os alimentos possuem uma complexa estrutura celular que atua como uma membrana semipermeável, e por esta não ser totalmente seletiva, resulta em dois principais fluxos de transferência de massa, ocorrendo então, saída de água do alimento para a solução e difusão de soluto da solução para o alimento (RAOULT-WACK, 1994; RASTOGI & RAGHAVARAO, 1997; KHIN et al., 2007; HERMAN-LARA, 2013).

Diversos fatores interferem na taxa de perda de água e de ganho de sólidos no processo de desidratação osmótica como as características e geometria do alimento, o

tipo de agente osmótico, a concentração da solução, a proporção do alimento com a solução, a temperatura, o tempo de imersão e a agitação (SOUZA NETO, 2004).

Pelo fato da desidratação osmótica envolver a remoção de água dos alimentos sem o uso de temperaturas elevadas, pode ser considerada como um método preliminar para a conservação dos mesmos, pois a combinação da remoção de água e a incorporação de sólidos solúveis acarreta na diminuição da atividade de água do produto, o que inibe o crescimento de micro-organismos e velocidade de reações bioquímicas, evitando a rápida perda da funcionalidade de alimentos *in natura*, como no caso do yacon (PARK, 2001).

Além das transferências de massa principais (perda de água e incorporação de solutos), podem ocorrer processos de transferência de massa em taxas menos significativas, mas que podem afetar positivamente ou negativamente a qualidade do produto final. A perda de nutrientes, como vitaminas ou ácidos orgânicos para a solução osmótica podem afetar negativamente o produto. Por outro lado, a incorporação destas substâncias ou outros compostos funcionais na solução osmótica pode favorecer a incorporação destes nutrientes no produto final, permitindo o enriquecimento nutricional ou ajuste dos parâmetros nutricionais ou sensoriais do produto final. Para tanto, podem ser adicionados antioxidantes, vitaminas, minerais, antimicrobianos, redutores de atividade de água ou pH ou ainda qualquer soluto com o objetivo de proporcionar uma melhor estabilidade e qualidade sensorial ao alimento (RAOULT-WACK, 1994).

O processo de desidratação osmótica é uma tecnologia utilizada para desidratar alimentos com alto teor de água e pode ser realizado com a utilização de soluções de açúcares, sais ou álcoois, de acordo com a especificidade de cada alimento. O uso de polióis como agente osmótico em substituição a sacarose apresenta menor valor calórico e índice glicêmico, fator importante no desenvolvimento de produtos para consumo por diabéticos e obesos. O estudo realizado por Perussello et al., (2014), demonstrou que a desidratação osmótica de yacon em sucralose induziu ao aumento de 16,82 a 22,86 mg de sucralose por grama de yacon após o tratamento osmótico, tornando o produto inapropriado para diabéticos, sendo um importante fator a ser considerado no momento de escolha da solução (CORNILLON, 2000; CHAUHAN et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

De acordo com estudo de Brochier et al., (2015), glicerol e sorbitol podem ser utilizados como opções de solutos por permitirem maior desidratação osmótica de yacon através da perda de umidade e incorporação de sólidos, quando comparados com maltodextrina e polidextrose, produzindo uma opção de alimento para pessoas que não podem consumir sacarose, glicose e frutose.

Como forma de processamento, a desidratação osmótica apresenta uma importante contribuição para o aumento da vida de prateleira dos produtos possibilitando novas formas de consumo dos alimentos com propriedades prebióticas, assim como a aplicação de yacon desidratado na forma de chips na indústria alimentícia mostra-se promissora ao atual panorama da alimentação mundial (SILVA, 2007; SILVA et al., 2013).

3.4 Edulcorantes

A Resolução RDC nº 18, de 24 de março de 2008 (BRASIL, 2008) da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) estabelece os limites de uso de edulcorantes em alimentos, para conferir sabor doce aos alimentos, em substituição ao açúcar de cana, a sacarose.

Devido à incorporação de solutos utilizados na solução de pré-secagem osmótica, no produto final, existe a necessidade da substituição da sacarose por outros edulcorantes que também possam desempenhar essa função. Entre as opções, destacam-se o sorbitol, o xilitol e o maltitol para manutenção de um baixo índice glicêmico do produto final (OLIVEIRA et al., 2017).

O sorbitol, de fórmula molecular $C_6H_{14}O_6$, é uma molécula com massa molecular 182 g/mol, encontrado naturalmente em frutas e vegetais, sendo resistente ao aquecimento, evaporação e cozimento sem perder seu poder edulcorante. Fornece 2,6 kcal/g e tem metade do poder adoçante da sacarose (TEIXEIRA et al., 2011). É um composto não redutor, que não produz escurecimento por tratamento térmico ou durante o armazenamento. Apresenta média higroscopicidade e é utilizado para o aumento da vida útil de alimentos e na melhoria da textura do produto. Sua solubilidade máxima em água é de 70%, na temperatura ambiente.

O maltitol, que possui fórmula molecular $C_{12}H_{24}O_{11}$, é encontrado em frutas, algas marinhas e cogumelos sendo bastante utilizado em biscoitos, chocolates e bebidas.

Apresenta massa molecular 344 g/mol e possui metade do poder adoçante da sacarose e é estável a altas temperaturas, fornecendo 1,6 kcal/g (TEIXEIRA et al., 2011). Apresenta solubilidade máxima de 60% em água à temperatura ambiente e média higroscopicidade.

O xilitol, apresenta fórmula molecular $C_5H_{12}O_5$ e massa molecular 152 g/mol, 70% do poder adoçante da sacarose e fornece 2,4 kcal/g. É comumente utilizado pela indústria para a elaboração de produtos dietéticos. Devido a sua elevada estabilidade química e microbiológica, o xilitol atua como conservante de produtos alimentícios prolongando a vida de prateleira dos mesmos (TEIXEIRA et al., 2011; MUSSATTO & ROBERTO, 2002). Apresenta elevada higroscopicidade e máxima solubilidade em água de 64% na temperatura ambiente.

A combinação de diferentes edulcorantes é uma prática comum na indústria de alimentos. Estas combinações podem servir para a redução de custos de produção, a diminuição do sabor residual (*after taste*), ou pela ação sinérgica entre os compostos. No caso do uso de edulcorantes na pré-secagem osmótica, utilizados combinação com diferentes edulcorantes pode afetar as taxas de perda de água e de incorporação de solutos de forma independente um do outro.

4 Material e Métodos

4.1 Materiais

A matéria prima batata yacon foi adquirida do comércio local do município de Guarapuava, PR (coordenadas GPS: 25°24'41.5"S 51°26'36.9"W).

Inicialmente foram utilizadas diferentes matérias primas para a realização de ensaios preliminares para a avaliação das faixas de valores e principais parâmetros a serem avaliados no presente estudo.

Para o presente estudo, foram utilizadas batatas yacon *in natura* adquiridas nos meses de agosto a novembro de 2018. Após adquiridos, os produtos foram imediatamente armazenados sob refrigeração ($8 \pm 2^\circ\text{C}$) até o momento de uso, o qual ocorreu dentro de sete dias após cada aquisição.

Os edulcorantes xilitol, maltitol e sorbitol foram adquiridos do fornecedor Pryme Foods de Sorocaba, São Paulo, em abril de 2018. Todos os ensaios foram realizados utilizando os mesmos lotes de edulcorantes, que foram previamente fracionados em embalagens de menor volume, hermeticamente fechados. Este cuidado visou prevenir uma eventual absorção de umidade pelos edulcorantes, para que o aumento da umidade não interferisse no preparo das soluções e nos resultados finais.

Para o preparo das soluções foi utilizada balança semi-analítica, marca Shimatzu, modelo BL 3200H, com precisão de duas casas decimais.

Foram utilizados balões volumétricos de vidro com capacidade para 100 mL para o preparo das soluções.

Para a pré-secagem osmótica (PSO) foram utilizados béqueres plásticos de 600 mL de capacidade da marca qualividros, bem como bastões de vidro para agitação da mistura.

Para o descascamento das raízes e corte em tiras foi utilizado descascador de legumes, de lâmina de aço inox da marca Keita.

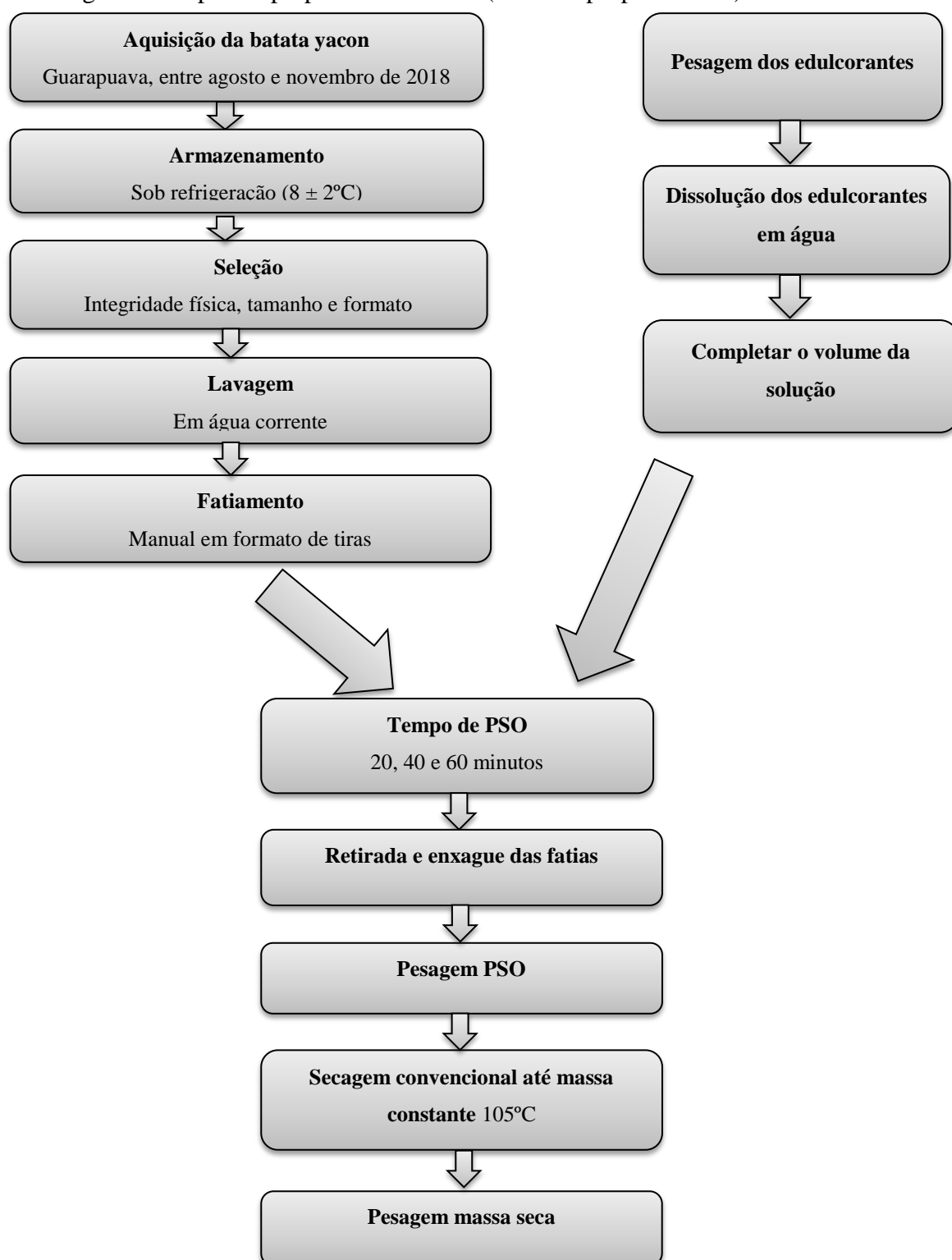
A separação das amostras da solução de PSO foi realizada utilizando peneira plástica com 1 milímetro de abertura e torneira com vazão ajustada para aproximadamente 20 litros por minuto.

Para a determinação da massa seca, foi utilizada estufa com circulação forçada de ar, da marca Tecnal, modelo TE – 394/2.

4.2 Metodologia

A Figura 2 apresenta as etapas para o preparo das amostras de batata yacon *in natura*.

Figura 2: Etapas de preparo da amostra. (Fonte: a própria autora)



4.2.1 PREPARO DA AMOSTRA

Foram utilizadas raízes de yacon de dois diferentes fornecedores. Este número reduzido de fornecedores teve como objetivo diminuir a variação das características da matéria prima. Foi necessária a utilização de mais de um fornecedor devido à sazonalidade e indisponibilidade do produto em um único fornecedor e ao fato de se utilizar tubérculos com no máximo sete dias de refrigeração após sua aquisição.

O armazenamento foi realizado em bandejas de poliestireno expandido, envolve em filme de PVC flexível, com aproximadamente 500 gramas de tubérculos com casca por embalagem. Em seguida, a matéria prima foi mantida sob refrigeração até o momento de seu uso, que se deu em um prazo máximo de sete dias, a contar da data de aquisição.

A seleção dos tubérculos de yacon foi realizada considerando sua integridade física e padrões de tamanho e formato, de modo a manter a massa de aproximadamente 120 gramas, comprimento e diâmetro de aproximadamente 15 e 5 cm respectivamente.

Não foi necessário branqueamento porque experimentos preliminares indicaram que a imediata imersão das fatias em solução inibiu o escurecimento enzimático e a posterior temperatura de secagem acarretou na inativação das enzimas PO e PFO (peroxidase e polifenoloxidase).

Após selecionadas, as raízes foram lavadas em água corrente para a remoção de sujidades externas, descascadas manualmente e cortadas em fatias no formato de tiras de $8 \pm 0,05$ cm de comprimento, $5 \pm 0,05$ cm de largura e $2 \pm 0,05$ cm de espessura utilizando descascador de legumes, de lâmina de aço inox da marca Keita, sendo reservados 20 gramas de amostra para cada solução pesados em balança semi-analítica da marca Shimatzu, modelo BL 3200H.

4.2.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES PARA A DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Os experimentos foram realizados no laboratório de Operações Unitárias da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, *campus* Laranjeiras do Sul, em etapas sequenciadas, durante o segundo semestre de 2018, tendo seguido o mesmo padrão para todas as combinações de soluções.

As soluções para imersão do yacon seguiram um modelo cúbico para misturas de três componentes, utilizando o modelo cúbico especial, tendo como concentração de solutos totais igual a 60%, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Modelo cúbico especial utilizado para a avaliação do uso conjunto dos edulcorantes sorbitol, xilitol e maltitol na PSO de batata yacon

	Variáveis reais		
	Sorbitol	Xilitol	Maltitol
1	60	0	0
2	0	60	0
3	0	0	60
4	30	30	0
5	30	0	30
6	0	30	30
7	20	20	20
8	20	20	20
9	20	20	20
10	20	20	20
11	40	10	10
12	10	40	10
13	10	10	40

Os experimentos foram realizados em sequência aleatória. A concentração total de solutos na solução de PSO totalizou sempre 60 gramas de solutos por 100 mL de solução.

O ponto central do delineamento experimental se deu com a utilização de 20 gramas de xilitol, 20 gramas de maltitol e 20 gramas de sorbitol para cada 100 mL de solução. Foram realizadas quatro repetições neste ponto central, tendo sido todas elas realizadas utilizando lotes diferentes de matéria prima, em dias distintos, de modo a incluir os desvios não controlados decorrentes das diferenças que naturalmente ocorrem pela variabilidade da matéria prima.

Para o preparo das soluções de PSO, inicialmente os edulcorantes foram pesados um total de 60 gramas de solutos, utilizando uma balança semi-analítica da marca Shimatzu, modelo BL 3200H, para o preparo de 100 mL de solução. As massas de xilitol, sorbitol e maltitol foram medidas de modo a atender as concentrações do modelo estatístico apresentado na Tabela 1.

Após pesados os edulcorantes, estes foram colocados em um balão volumétrico de vidro com capacidade para 100 mL e adicionado aproximadamente 70 mL de água potável para permitir uma dissolução prévia. Em seguida, o volume foi completado até se atingir 100 mL de solução, garantindo que este volume fosse obtido após a completa dissolução dos edulcorantes.

Depois de completamente dissolvidos os edulcorantes na proveta, a solução foi transferida para béqueres plásticos com 600 mL de capacidade, para uso na PSO das fatias de batata yacon.

4.2.3 PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA DE FATIAS DE BATATA YACON

Antes da imersão das fatias de batata yacon em solução de PSO, aproximadamente vinte gramas de batata yacon em fatias foram pesadas e a massa anotada com precisão de duas casas decimais, utilizando uma placa de vidro previamente identificada e com a massa previamente anotada, para quantificação da massa inicial de cada amostra.

Cerca de 20 g de yacon foram imersas em 100 mL de soluções preparadas com água e os edulcorantes xilitol, sorbitol e maltitol conforme as concentrações do planejamento estatístico.

Para cada tempo diferente, foram utilizadas diferentes amostras cada um em seu respectivo béquer contendo a solução de edulcorantes. Ao todo, foram avaliadas amostras de batata yacon em fatias imersas em soluções em três tempos diferentes: 20, 40 e 60 minutos.

Durante a PSO, as fatias foram agitadas lentamente em movimentos circulares com o uso de um bastão de vidro a cada 10 minutos, para promover um melhor contato entre as fatias e a solução.

Após o tempo pré-determinado de PSO, as amostras foram escorridas utilizando uma peneira plástica com 1 milímetro de abertura, seguida de enxague por três segundos em dois litros de água. Em seguida, as amostras foram pressionadas levemente contra a peneira, para retirar o excesso de água em sua superfície.

Em seguida, as amostras foram colocadas em uma placa de vidro previamente identificada e com a massa previamente anotada, para quantificação da massa de cada amostra após a PSO.

4.2.4 DETERMINAÇÃO DE MASSA SECA

Após a PSO, as amostras foram secas até massa constante, quantificando-se a massa das amostras após 24 e 48 horas de secagem em estufa com circulação e renovação de ar, marca Tecnal, modelo TE – 394/2, a 105 °C, conforme método 925.10 da AOAC (AOAC, 2002).

Para cada lote de produção, foram realizadas quintuplicatas de amostras de batata yacon *in natura* para a determinação do teor inicial de umidade e concentração de sólidos totais, para cálculos posteriores de perda de água e incorporação de solutos, como é possível observar nas Figuras 3 e 4.

4.2.5 CÁLCULO DA PERDA DE ÁGUA E INCORPORAÇÃO DE SOLUTOS

A perda de água ou umidade (PA) corresponde à quantidade de água (g ou mL) que sai da amostra para cada 100 gramas de sua massa total inicial. A perda de massa (PM) se refere ao percentual de diminuição de massa da amostra em relação a sua massa inicial, enquanto que a incorporação de sólidos (IS) é definida pela massa de sólidos inicial da amostra e a massa de sólidos incorporados na amostra (SILVEIRA, 1996).

A perda de umidade (PA) foi obtida através do seguinte cálculo:

$$PA(\%) = \frac{(U_i * m_i) - (U_f * m_f)}{m_i}$$

A perda de massa se obteve através de:

$$PM(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i}$$

A incorporação de solutos pode ser calculada a partir de:

$$IS(\%) = \frac{(ST_i * m_i) - (ST_f * m_f)}{m_i}$$

Sendo: PA = perda de água; m_i = massa inicial; m_f = massa final; U_i = teor inicial de umidade (%); U_f = teor final de umidade (%); Perda de massa = diminuição da massa; IS = incorporação de sólidos; ST_i = teor inicial de sólidos totais (%); ST_f = teor final de sólidos totais (%).

4.2.6 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados foram avaliados estatisticamente utilizando o programa *Statistica versão 8*, utilizando as concentrações de cada experimento para cada tipo de soluto nos tempos de 20, 40 e 60 minutos.

Como respostas, foram avaliadas a perda de água (PA), a incorporação de solutos (IS) e a razão PA/IS.

Com base nos resultados, foram elaborados gráficos de superfície para a visualização das tendências do uso dos diferentes edulcorantes avaliados, sobre as respostas obtidas.

5 Resultados e Discussão

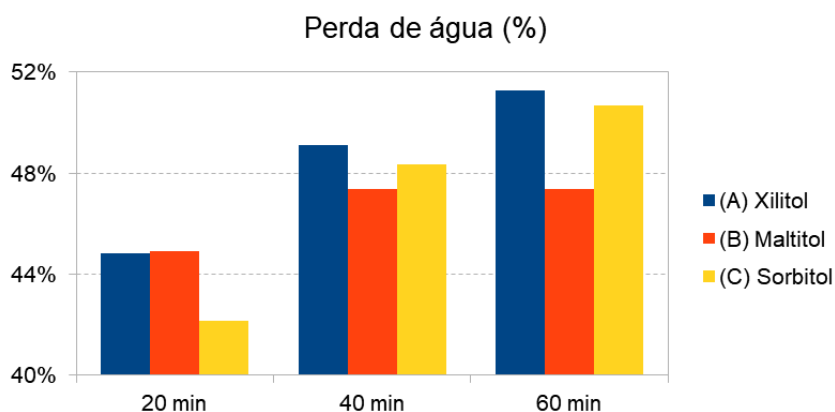
5.1. Perda de água

A Figura 3 mostra os valores de perda de água durante a utilização da concentração de 60% de cada edulcorante isoladamente, demonstrando um aumento crescente na perda de água conforme o aumento do tempo de PSO especialmente para xilitol e sorbitol, enquanto que o maltitol mostrou uma perda de água constante de 47% após 40 minutos de PSO. Isoladamente, o xilitol apresentou tendência de maior perda de água, na concentração de 60%. Estes resultados são similares aos relatados por Brochier et al., (2015), que observaram que ao utilizar glicerol, maltodextrina, polidextrose e sorbitol como solutos na desidratação osmótica de yacon, o glicerol e o sorbitol apresentaram maior perda de água no processo, tendo sido 80 e 81% respectivamente. Pode-se observar que o tipo de soluto influencia na perda de água. O autor também observou que a perda de água não foi significativa após uma hora.

A perda de água foi maior utilizando o xilitol como soluto, de maneira isolada, especialmente com o aumento do tempo. O maltitol foi menos sensível ao tempo de pré-secagem osmótica, para a perda de água. Estes resultados estão similares com os apresentados por Mendonça et al., (2016), que encontraram significativa perda de água durante a PSO de fatias de yacon com ambos os solutos utilizados, sorbitol e xilitol.

A solução contendo sorbitol acarretou valores reduzidos de perda de água após 20 minutos de pré-secagem osmótica, mas a perda de água aumentou com o tempo do tubérculo em contato com a solução contendo 60% de sorbitol.

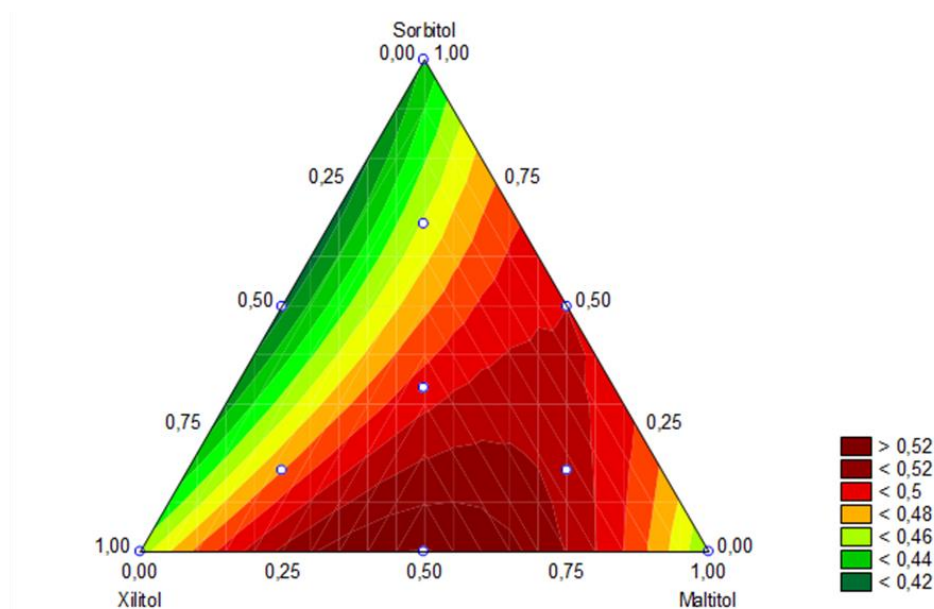
Figura 3: Perda de água utilizando-se 60% de cada edulcorante isoladamente



Misturando-se os edulcorantes e mantendo a concentração 60% de solutos, observou-se na Figura 4 uma tendência de maior perda de água sem a presença de sorbitol, com mesmas concentrações de maltitol e xilitol, indicando uma interação entre os solutos na retirada de água por osmose, após 20 minutos de imersão em solução.

Em estudo de Naknean et al., (2013) foi observado maior perda de água em amostras tratadas com maltitol em comparação a sacarose durante desidratação osmótica de fatias de melão.

Figura 4: Modelo quadrático de superfície de resposta da perda de água em base úmida em 20 minutos



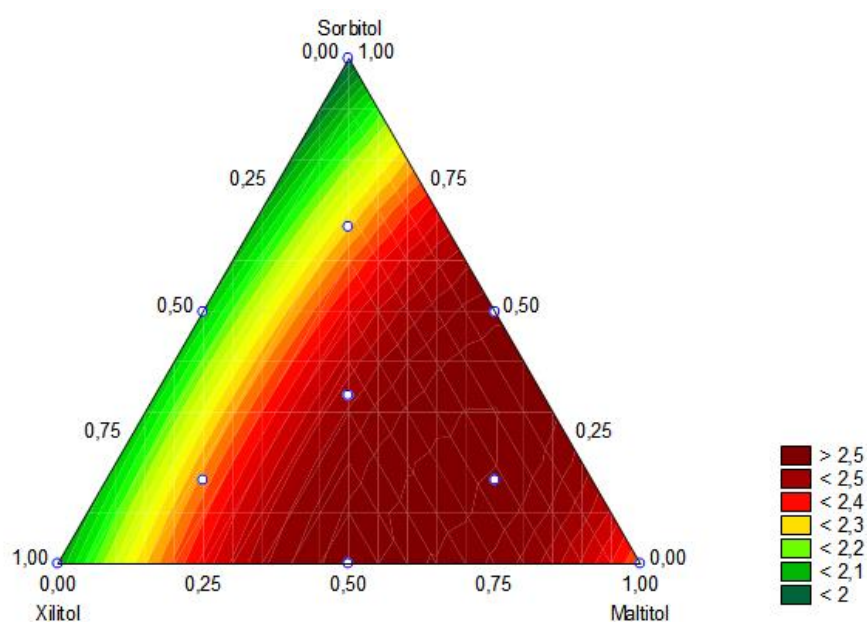
Os resultados da perda de água utilizando-se misturas dos edulcorantes estudados após 40 minutos de pré-secagem osmótica podem ser visualizadas na Figura 5. Pode ser observada uma tendência de maior perda de água com o uso combinado dos três edulcorantes, sendo que a faixa de maior perda de água foi para soluções contendo de 40 a 70% de maltitol. Os resultados de estudo de Mendonça et al., (2014), mostraram uma maior perda de água no processo de desidratação osmótica com o uso de diferentes poliois, destacando-se o sorbitol e o xilitol, o que reforça a possibilidade da combinação do efeito osmótico destes dois solutos, como encontrado nos resultados.

Em estudo realizado por Martim et al., (2007) foi observada uma perda de 33% de água após duas horas de desidratação osmótica de manga com solução de sorbitol,

enquanto houve perda de 28% na solução com sacarose e 1% na solução com estévia. Segundo o autor, ao comparar as três soluções utilizadas, o sorbitol tem maior capacidade de desidratação por ser um soluto higroscópico, assim como xilitol e maltitol em relação à sacarose.

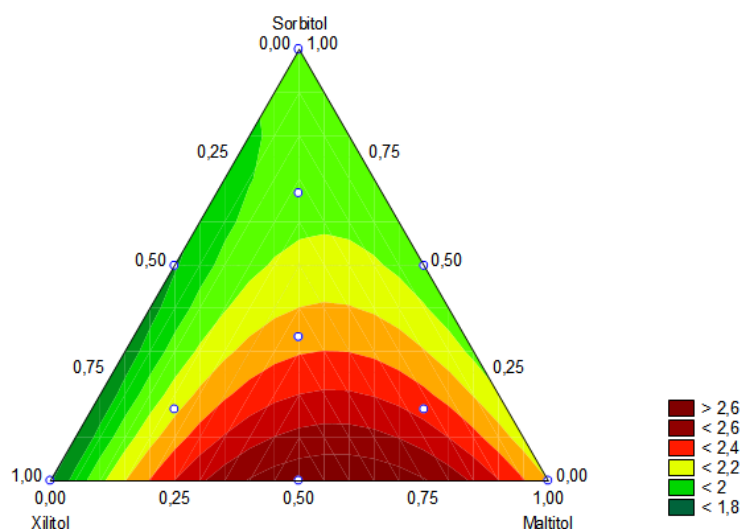
Brochier et al., (2015) encontrou maior perda de água durante as primeiras duas horas no processo de PSO de fatias de yacon utilizando sorbitol e glicerol como solutos, porém o ganho de sólidos se manteve com o passar do tempo.

Figura 5: Modelo quadrático de superfície de resposta da perda de água em base úmida em 40 minutos



Os resultados da perda de água após 60 minutos de pré-secagem osmótica utilizando misturas de xilitol, sorbitol e maltitol são apresentadas na Figura 6. De maneira similar ao observado após 20 minutos de pré-secagem osmótica, uma máxima perda de água foi observada com a combinação de maltitol e xilitol.

Figura 6: Modelo quadrático de superfície de resposta de perda de água em base úmida em 60 minutos



Comparando-se os resultados da perda de água após 20, 40 e 60 minutos de pré-secagem osmótica, observa-se uma consistência do comportamento apresentando uma máxima perda de água através da combinação entre xilitol e maltitol, com maiores faixas de valores de maltitol.

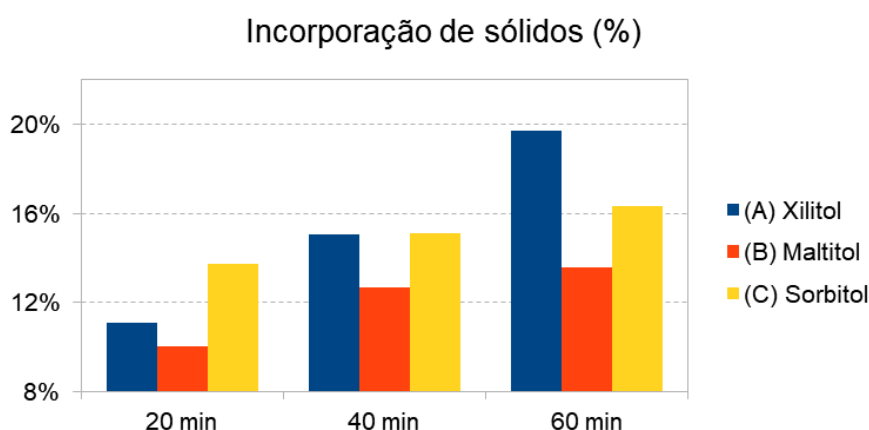
Embora isoladamente o sorbitol tenha resultado em uma perda de água superior a 48% após 40 minutos de pré-secagem osmótica (Figura 3), a mistura de xilitol e maltitol resultou em maior perda de água, quando comparado com o uso isolado destes edulcorantes. Resultados similares foram observados em estudo de Ispir & Togrul (2009), que ao comparar a perda de água durante a desidratação osmótica de damasco com soluções a 70% de glicose, frutose, maltodextrina, sacarose e sorbitol, a maior perda de umidade foi obtida com a sacarose e a menor perda com o sorbitol. Os autores associam esse resultado ao fato de que o peso molecular do sorbitol é menor que o da sacarose e também pela estrutura dos poros do damasco.

5.2. Incorporação de sólidos

A Figura 7 mostra o aumento da incorporação de sólidos com o tempo, utilizando uma concentração de 60 g/100 mL de cada edulcorante isoladamente. A influência do tempo foi maior utilizando 60% de xilitol, com 11% de incorporação de

sólidos após 20 minutos e uma incorporação de sólidos de 20% após 60 minutos de PSO. A pré-secagem osmótica utilizando solução 60% de sorbitol acarretou em elevada incorporação de sólidos no tempo 20 minutos (14%), sendo observada um pequeno aumento com o tempo, chegando a 16% após 60 minutos de PSO.

Figura 7: Incorporação de sólidos utilizando-se 60% de cada edulcorante isoladamente



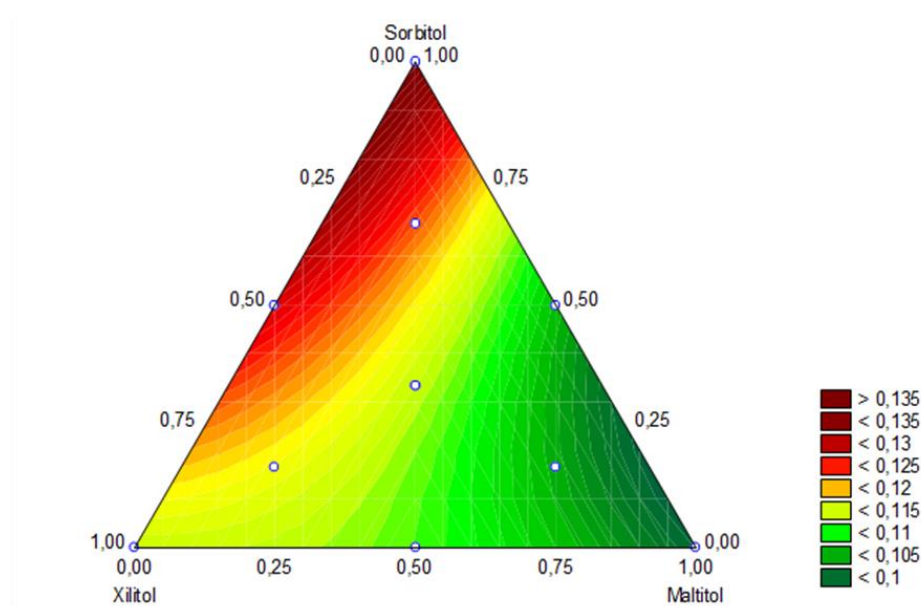
A Figura 7 representa a incorporação de sólidos ao se utilizar a concentração de 60g/100ml de cada edulcorante isoladamente, em que é possível observar o aumento da incorporação de sólidos conforme o aumento do tempo de PSO, com destaque ao xilitol o qual apresentou 19% de incorporação de sólidos em 60 minutos.

Correa (2010) obteve uma diminuição no ganho de massa com concentrações mais altas na solução de sacarose em goiabas desidratadas osmoticamente. Segundo o autor, soluções mais concentradas formam uma camada de solutos na superfície do alimento, tornando a transferência de massa mais difícil, pois age como uma barreira resultando em menor absorção de sólidos no tecido do alimento. Segundo Mújica-Paz et al., (2003), o aumento da concentração de açúcar torna a solução mais viscosa o que dificulta a penetração dos solutos. É possível concluir que a concentração da solução osmótica, bem como o tipo de soluto utilizado são de grande importância na incorporação de sólidos.

Na Figura 8 pode-se observar que existe a tendência de maior incorporação de sólidos com o uso do sorbitol no início da PSO. Também é possível observar que existe a tendência de menor incorporação de solutos com o uso de maltitol, embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

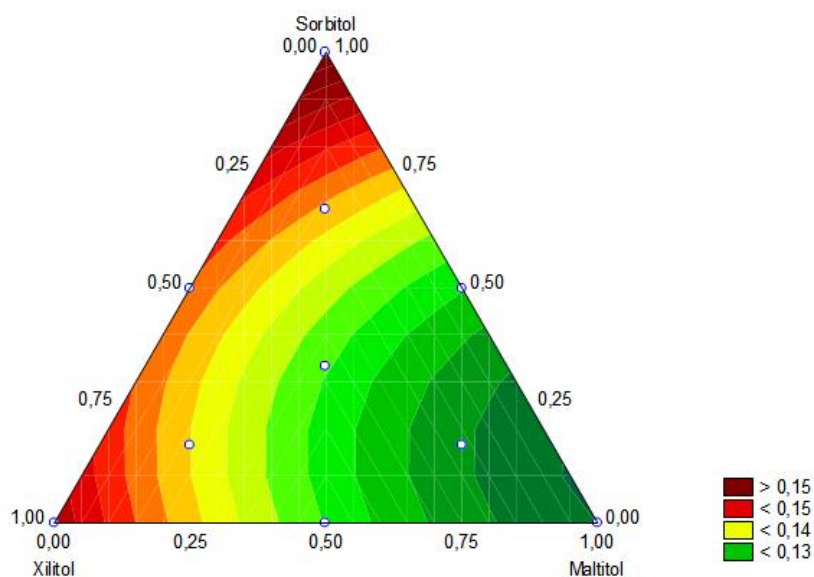
Os resultados são condizentes com estudo de Naknean et al., (2013) que ao realizar desidratação osmótica de fatias de melão utilizando soluções de sorbitol, maltitol, sacarose e açúcar invertido a 50° Brix durante 24 horas observaram que tanto a perda de água quanto o ganho de sólidos aumentaram gradativamente com o tempo até 18 horas de PSO, encontrando resultados de maior incorporação de sólidos com sorbitol e menores com maltitol. O autor e colaboradores associam os resultados obtidos ao menor peso molecular do sorbitol em comparação aos demais solutos utilizados, pois ao utilizar um agente osmótico de baixo peso molecular ocorre aumento da pressão osmótica e conseqüentemente da perda de água.

Figura 8: Modelo quadrático de superfície de resposta da incorporação de sólidos em base úmida em 20 minutos



Os resultados apresentados na Figura 9 confirmam a tendência mostrada na incorporação de sólidos no início da PSO, com uma tendência de menor incorporação de sólidos em base úmida com o uso do maltitol no processo de pré-secagem osmótica.

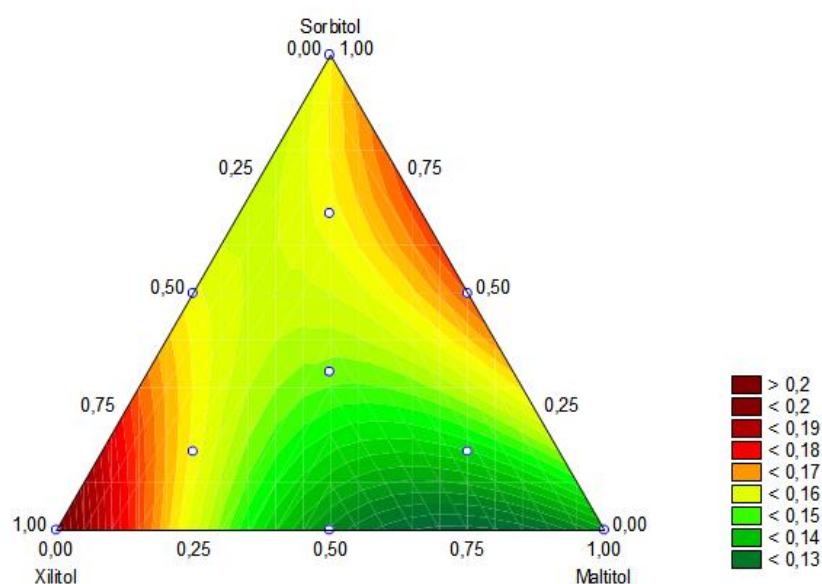
Figura 9: Modelo quadrático de superfície de resposta de incorporação de sólidos em base úmida em 40 minutos



Na Figura 10 observou-se uma tendência de menor incorporação de sólidos com o uso combinado de xilitol e maltitol. Segundo estudo realizado por Mendonça et al (2014), utilizando diferentes polióis no processo de desidratação osmótica de yacon, os resultados encontrados foram similares havendo menor incorporação de sólidos nas amostras tratadas com maltitol enquanto que foram observados níveis intermediários de incorporação de sólidos com o uso de sorbitol e xilitol. O mesmo padrão foi observado por Sritongtae et al, 2011, ao utilizar sorbitol e sacarose na desidratação osmótica de melão, tendo sido associado pelo autore a maior incorporação de sólidos com o uso do sorbitol devido à sua menor massa molecular.

Pode-se observar uma similaridade do efeito dos solutos na incorporação de sólidos solúveis no produto no período de 20 a 60 minutos. O edulcorante que acarretou em menor absorção foi o maltitol, cujo massa molecular é significativamente maior do que os outros edulcorantes avaliados. A diferença na incorporação de sólidos pode ser atribuída ao tamanho da molécula utilizada como agente osmótico. A difusão através da matriz do produto ocorrerá com maior facilidade quanto menor for a molécula. Enquanto que agentes com maior massa molecular são mais propensos a serem retidos na superfície do tecido, resultando em baixo ganho de sólidos, segundo Chauhan et al., (2011).

Figura 10: Modelo quadrático de superfície de resposta de incorporação de sólidos em base úmida em 60 minutos

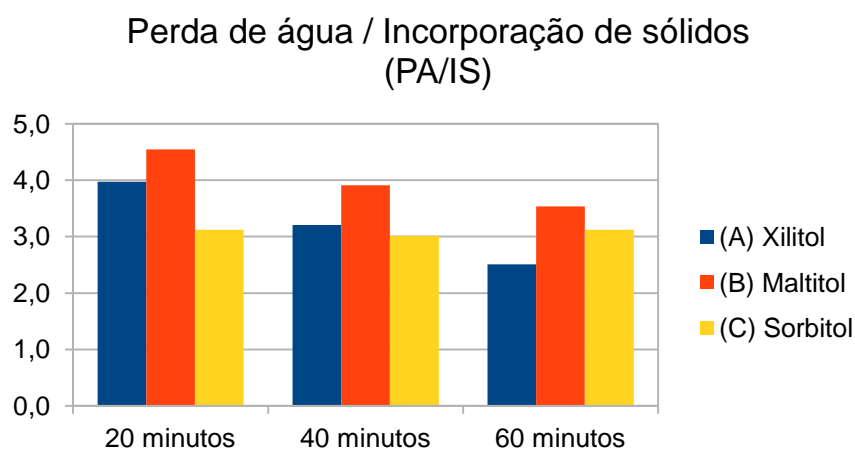


Observou-se que o uso do sorbitol contribuiu para a incorporação de sólidos, especialmente para curtos períodos de tempo. A maior incorporação de solutos utilizando sorbitol no início da PSO provavelmente seja decorrente de uma adesão do edulcorante no tecido do tubérculo, enquanto que a incorporação de solutos do xilitol e do maltitol, com no decorrer do tempo, seja decorrente da difusão destes edulcorantes através da membrana semi-permeável das células do tubérculo, que é um processo lento. Segundo Corrêa et al., (2010), quanto menor a incorporação de sólidos, melhor é a preservação das características originais do alimento, portanto a minimização da incorporação de sólidos durante o processo de desidratação osmótica é o desejável.

5.3. Influência do tempo de PSO sobre a incorporação de solutos e a perda de água

Na Figura 11 é possível observar a alteração da perda de água (PA) e a incorporação de sólidos (IS) com o tempo de PSO. Fica evidente que essa relação não se altera com 60% de sorbitol com o tempo. Esses resultados significam que o aumento da perda de água é proporcional à incorporação de sólidos com o tempo, utilizando o sorbitol isoladamente.

Figura 11: Perda de água em base úmida



A relação PA/IS diminuiu com o uso do xilitol e do maltitol como solutos na solução de PSO. Isso significa que a perda de água aumentou menos do que a incorporação de sólidos, com o tempo. Normalmente deseja-se maximizar a perda de água durante a PSO, embora a incorporação de sólidos possa contribuir para melhoria da textura, sabor ou rendimento do produto desidratado, dependendo do teor e tipo de sólidos incorporados (RASTOGI et al., 2002; FERRARI, 2009).

Segundo Lima (2004) a relação entre a perda de umidade e o ganho de massa está relacionado com a concentração da solução osmótica, a qual apresenta efeito na diminuição da massa devido à elevação da pressão osmótica.

Brochier et al., (2015), ao utilizar glicerol e sorbitol como solutos do processo de desidratação osmótica de yacon, observaram maior taxa de perda de água no início do processo, tendo valores similares entre os dois solutos. Resultados similares foram encontrados por Martim (2006) ao realizar desidratação osmótica de manga utilizando solução de sacarose, sorbitol e estévia, tendo maior perda de umidade durante as duas primeiras horas do processo. Lima (2012), também observou maior taxa de saída de água na primeira hora da realização de desidratação osmótica de melão, utilizando como soluções sacarose e sorbitol.

Segundo Moreira et al., (2007) ocorre uma elevada taxa de perda de água no início do processo de desidratação osmótica tendendo a diminuir com o passar do

tempo quando o sistema está se aproximando do equilíbrio. O que corrobora com a afirmação de Lenart (1996) que tanto as taxas de incorporação de sólidos quanto as taxas de perda de umidade são maiores na fase inicial do processo de desidratação osmótica, por ocorrer haver uma transferência de massa mais elevada entre o alimento e a solução hipertônica.

6 Conclusões

O uso do sorbitol nas soluções de PSO acarretou em maior incorporação de solutos e menor perda de água, não sendo a condição adequada para desidratação osmótica de batata yacon em fatias.

A perda de água e a incorporação de sólidos aumenta com o tempo. Porém, a incorporação de sólidos aumenta mais do que a perda de água, especialmente com o uso do xilitol como soluto da solução de PSO.

No período de 20 a 60 minutos pode-se observar uma consistência na incorporação de solutos, tendo o maltitol apresentado a menor absorção. A maior incorporação de solutos se deu com a utilização de concentrações maiores de sorbitol em 20 minutos de PSO. Conforme o aumento do tempo de PSO, houve maior incorporação de solutos utilizando xilitol em 60 minutos.

A maior perda de água, foi observada com a utilização combinada de maltitol e xilitol para os tempos, 20, 40 e 60 minutos de PSO.

Observou-se que o uso do sorbitol não apresentou bom desempenho da PSO, quando comparado com os outros edulcorantes avaliados, devido a ocasionar maior incorporação de sólidos e diminuição da perda de água.

Identificou-se redução da relação PA/IS com a utilização de xilitol e maltitol, porém houve maior diminuição da perda de água em relação à incorporação de sólidos com a evolução do tempo ao utilizar xilitol. Esta redução se deve ao aumento da incorporação de sólidos com o tempo, em maior escala quando comparado ao aumento da perda de água com o tempo.

Com relação a incorporação de solutos após 20, 40 e 60 minutos de PSO, o maltitol foi o soluto que apresentou menor incorporação em todos os tempos.

Caso o interesse seja maximizar o rendimento da secagem que é resultante de quanto de produto seco é obtido por quantidade de batata yacon *in natura*, pode-se maximizar os valores de incorporação de solutos. No entanto, serão observadas alterações significativas no produto final, que tanto podem ser positivas como podem ser indesejáveis.

7 Sugestões para Trabalhos Futuros

Através deste estudo observa-se a importância de considerar possíveis complementações e extensão do experimento realizado. A avaliação da aceitação e intenção de compra do produto pode ser considerado um ponto importante a se fazer futuramente, a fim de possibilitar a análise da viabilidade de desenvolvimento do mesmo pela indústria.

Outra possibilidade de estudo é a comparação e a avaliação da viabilidade econômica da produção de chips de batata yacon utilizando a secagem convencional, a PSO e a liofilização.

Conforme referido ao longo da metodologia, estudos apontam que o yacon possui diversos benefícios à saúde, desempenhando um importante papel no controle do diabetes. Como sugestão para futuros trabalhos, considera-se a possibilidade de avaliar o efeito do consumo do chips de yacon, com o uso dos edulcorantes xilitol, sorbitol e maltitol como solutos do processo de desidratação osmótica, no controle glicêmico de diabéticos. Complementando, dessa forma, a elaboração do chips de yacon utilizando diferentes edulcorantes e avaliando seus possíveis efeitos benéficos à saúde de diabéticos. Afinal o diabetes é uma doença crônica na qual se torna necessário o adequado controle glicêmico constante para garantir a qualidade de vida do indivíduo.

8 Referências

- ASSOCIATION OF ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 19. Ed. Washington, D.C., 2002. 1219p.
- BARONI, S.; SUZUKI-KEMMELMEIER, F.; CAPARROZ-ASSEF, S.M.; CUMAN, R.K.N., BERSANI-AMADO, C.A. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) on glycemia in diabetic rats. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. Brazil, v.44, n.3, 2008.
- BAUTISTA, C.M.; REYNA, M.L.; CORNEJO, O. Procesamiento de jarabe de yacón y determinación de inulina. **La Alimentación Latinoamericana**. Argentina, v.272, p.58-60, 2007.
- BORGES, J.T.S.B.; PIROZI, M.R.; PAULA, C.D.; VIDIGAL, J.G.; SOUSA E SILVA, N.A.; CALIMAN, F.R.B. Yacon na alimentação humana: aspectos nutricionais, funcionais, utilização e toxicidade. **Scientia Amazonia**. Manaus, v.1, n.3, p.3-16, 2012.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 18, de 24 de março de 2008. Dispõe sobre o "Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, com seus respectivos limites máximos", Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2008.
- BROCHIER, B.; MARCZAK, L.D.F.; NOREÑA, C.P.Z. Osmotic dehydration of yacon using glycerol and sorbitol as solutes: water effective diffusivity evaluation. **Food Bioprocess Technology**. Brazil, v.8, p.623-636, 2015a.
- BROCHIER, B.; MARCZAK, L.D.F.; NOREÑA, C.P.Z. Use of different kinds of solutes alternative to sucrose in osmotic dehydration of yacon. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Brazil, v.58, n.1, p.34-40, 2015b.
- CASTRO, A.; CÉSPEDES, G.; CARBALLO, S.; BERGENSTAHL, B.; TORNBERG, E. Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food Research International**. Suécia, Bolívia, v.50, p.392-400, 2013.
- CHAUHAN, O.P.; SINGH, A.; RAJU, P.S.; BAWA, A.S.; Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. **International Journal of Food Properties**. India, v.14, n.5, p.1037-1048, 2011.

- CLINIS, G.A.V.; MARGALEF, M.I. GÓMEZ, M.H. Formulación de barra dietética funcional prebiótica a partir de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). **Composicion de Alimentos**. Buenos Aires, v.31, n.142, p.27-33, 2013.
- CORNILLON, P. Characterization of osmotic dehydrated apple by NMR and DSC. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**. USA, v.33, p.261-267; 2000.
- CORRÊA, J.L.G.; PEREIRA, L.M.; VIEIRA, G.S.; HUBINGER, M.D. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. **Journal of Food Engineering**. V.96, n.4, p.498-504, 2010.
- DIONÍSIO, A.P.; CARVALHO-SILVA, L.B.; VIEIRA, N.M.; GOES, T.S.; WURLITZER, N.J.; BORGES, M.F.; BRITO, E.S.; IONTA, M.; FIGUEIREDO, R.W. Cashew-apple (*Anacardium occidentale L.*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**. Brazil, 2015.
- FAO. Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada, 2002. Disponível em: http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf.
Acessado em: 07 maio, 2017.
- FAO. Technical Meeting on Prebiotics. Rome, Italy. 2007. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/172974993/Prebiotics-Tech-Meeting-Report>.
Acessado em: 01 maio, 2017.
- FERRARI, C.C. Avaliação do emprego da desidratação osmótica e de cobertura comestível de pectina na estrutura celular e qualidade de melão minimamente processado. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 164p, 2009.
- FERREIRA, C.L.F.; SALMINEN, S.; GRZESKOWIAK, L. BRIZUELA, M. A.; SANCHEZ, L.; CARNEIRO, H.; BONNET, M. Terminology concepts of probiotic and prebiotic and their role in human and animal health. **Revista Salud Animal**. Brazil, Finland, Cuba, v. 33, n.3, p.137-146, 2011.
- FIGUEROA-GONZALEZ, I.; QUIJANO, G.; RAMIREZ, G.; CRUZ-GUERRERO, A. Probiotics and prebiotics – perspectives and challenges. **Journal Science Food and Agriculture**. V.91, n.8, p.1341-1348, 2011.

- GENTA, S.B.; CABRERA, W.M.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S.S. Subchronic 4-month oral toxicity study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. **Food and Chemical Toxicology**. Argentina, v.43, p.1657-1665, 2005.
- GENTA, S.; CABRERA, W.; HABIB, N.; PONS, J.; CARILLO, I.M.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**. Argentina, Peru, v.28, p.182-187, 2009.
- GENTA, S.B.; CABRERA, W.M.; MERCADO, M.I.; GRAU, A.; CATALÁN, C.A.; SÁNCHEZ, S.S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: Constituents of the most active fractions. **Chemico-Biological Interactions**. Argentina, v.185, p.143-152, 2010.
- GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota – introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**. Madison, v.125, p.1401-1412, 1995.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. Japan, v.59, n.12, p.2346-2347, 1995.
- GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRIQUE, I. GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacón roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**. Lima, Perú, v.86, p.157-165, 2004.
- GRAU, A.; REA, J.; HELLER, J.; HERMMAN, M.; ENGELS, J. Andean roots and tuber genetic resources. **Genetic resources of yacon *Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.** Rome, p.198-242, 1997.
- GUIGOZ, Y.; ROCHAT, F.; PERRIUSSEAU-CARRIER, G.; ROCHAT, J.; SCHIFFRIN, E.J. Effects of oligosaccharides on the faecal flora and non-specific immune system in elderly people. **Nutrition of Research**. Tarrytown, v.22, p.13-25, 2002.
- GUSSO, A.P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.45, n.5, p.912-919, 2015.
- HABIB, N.C.; HONORÉ, S.M.; GENTA, S.B.; SÁNCHEZ, S.S. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: Biochemical approach. **Chemico-Biological Interactions**. Argentina, v.194, p.31-39, 2011.

- HERBAL GUIDES. Anonymous, 2010. Disponível em: <http://herbalguides.com/guides/yacon>.
- HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C.E.; PACHECO-ANGULO, H.; CARMONA-GARCIA, R.; RUIZ-ESPINOSA, H.; RUIZ-LÓPEZ, I.I. Mass transfer modeling of equilibrium and dynamics periods during osmotic dehydration of radish in NaCl solutions. **Food and Bioproducts Processing**. Mexico, v.91, p.216-224, 2013.
- HONORÉ, S.M.; CABRERA, W.M.; GENTA, S.B.; SÁNCHEZ, S.S. Protective effect of yacon leaves decoction against early nephropathy in experimental diabetic rats. **Food and Chemical Toxicology**. Argentina, v.50, p.1704-1715, 2012.
- ISPIR, A.; TOGRUL, T.I. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. **Chemical Engineering Research and Design**. V.87, p.166-180, 2009.
- KAKIHARA, T.S.; CÂMARA, F.L.A.; VILHENA, S.M.C.; RIERA, L. Cultivo e industrialização de yacon (*Polymnia sonchifolia*): uma experiência brasileira. **Congresso Latino Americano de Raízes Tropicais 1 e Congresso Brasileiro de Mandioca 9**. São Pedro, resumo 148, 1996.
- KHIN, M.M.; ZHOU, W.; YEO, S.Y. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. **Journal of Food Engineering**. Singapore, v.81, p.514-522, 2007.
- KINNUP, V.F.; BARROS, I.B.I. Levantamento de dados e divulgação do potencial das plantas alimentícias alternativas no Brasil. **Revista Horticultura Brasileira**. V.22, n.2, 2004.
- KINNUP, V.F.; BARROS, I.B.I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.5, n.1, p. 63-65, 2007.
- KOTOVICZ, V. Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*Polymnia sonchifolia*). Brasil, dissertação de mestrado, 2011.
- KUNKEL, G. Plants for human consumption: an annotated checklist of the edible phanerogams and ferns. **Koenigstein: Koeltz Scientific Books**. 393p, 1984.
- LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**. V.14, p.391-413, 1996.

- LIMA, A.S.; FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; SOUZA NETO, M.A.; SOUZA, A.C.R. Estudo das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.24, p.282-286, 2004.
- LIMA, R.M.P. Desidratação osmótica de melão (*Cucumis melo L.*) em soluções de sacarose e de sorbitol. Campos Dos Goytacazes/RJ: Universidade Estadual do norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 2012.
- LOCK, O.; ROJAS, R. Química y farmacología de *Smallanthus sonchifolius* (yacon). **Revista de Química**, v.19, n.1, p.31-35, 2005.
- MANRIQUE, I.; HERMANN, M.; BERNET, T. Yacon – fact sheet. **International Potato Center (CIP)**. Lima, Peru. Disponível em www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon..pdf. 2004.
- MARTIM, N.S.P.P. Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica L.*) variedade Tommy Atkins desidratada. 76f. Tese de mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.
- MARTIM, N.S.P.P.; WASZCZYNSKYJ, N.; MASSON, M.L. Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**. V.31, p.1755-1759, 2007.
- MENDONÇA, K.S.D. Otimização da desidratação osmótica de yacon assistida por ultrassom. LAVRAS - MG: Universidade Federal de Lavras, 2014.
- MENDONÇA, K.S.; CORREA, J.L.G.; JESUS, J.R.; PEREIRA, M.C.A.; VILELA, M.B. Mass transfer kinetics of the osmotic dehydration of yacon slices with polyols. **Journal of Food and Preservation**. V.41, n.1, p.1-8, 2016.
- MICHELS, I. Aspectos tecnológicos do processamento mínimo de tubérculos de yacon (*Polymnia sonchifolia*) armazenados em embalagens com atmosfera modificada, Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.
- MONTIEL, V.N. El cultivo de yacon. **Instituto Nacional de Investigación Agraria**. Lima, Peru, Boletín técnico n.35, p.19, 1996.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M.D.; VÁZQUEZ, G. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions. **LWT – Food Science and Technology**. V.40, p.1507-1514, 2007.
- MOSCATTO, J.A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S.H.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.4, p.634-640, 2004.

- MOURA, C.P. Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico. (Dissertação de Mestrado – Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná), 107p, 2004.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**. V.57, n.4, p.305, 2003.
- MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. Xilitol: edulcorante com efeitos benéficos para a saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. Brasil, v.38, n.4, 2002.
- NAKNEAN, P.; MANEYAM, R.; KAM-ONSRI, A. Effect of Different Osmotic Agents on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Osmo-Dried Cantaloupe. **Chiang Mai Journal Science**. V.40, n.3, 2013.
- OJANSIVU, I.; FERREIRA, C.L.; SALMINEN, S. Yacon a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends in Food Science & Technology**. Finland, Brazil, v.22, p.40-46, 2011.
- OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Caracterização e quantificação dos carboidratos de reservas das raízes de yacon (*Polymnia sonchifolia*) mantidas sob condições ambientais e refrigeração. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.1, p.30-39, 2005.
- OLIVEIRA, G.O.; BRAGA, C.P.; FERNANDES, A.A.H. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.)] treatment. **Food and Chemical Toxicology**. Brazil, v.59, p.256-260, 2013.
- OLIVEIRA, L.F.; CORRÊA, J.L.G.; PEREIRA, M.C.A.; RAMOS, A.L.S.; VILELA, M.B. Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): optimization for fructan retention. **Food Science and Technology**. Brazil, v.71, p.77-87, 2016.
- OLIVEIRA, L.F.; CORRÊA, J.L.G.; BOTREL, D.A.; VILELA, M.B.; BATISTA, L.R.; FREIRE, L. Reuse of sorbitol solution in pulsed vacuum osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Food Processing and Preservation**, 2017.
- OLIVEIRA, R.B.; CHAGAS-PAULA, D.A.; SECATTO, A.; GASPAROTO, T.H.; FACCIOLI, L.H.; CAMPANELLI, A.P.; COSTA, F.B.D. Topical anti-inflammatory

- activity of yacon leaf extracts. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Brazil, v.23, n.3, p.497-505, 2013.
- PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isothermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Brasil, v.21, n.1, p.73-77, 2001.
- PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.5278-5284, 2003.
- PEREIRA, J.A.R.; BARCELOS, M.F.P.; PEREIRA, M.C.D.A.; FERREIRA, E.B. Studies of chemical and enzymatic characteristics os Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its flours. **Food Science and Technology**. Brasil, Campinas, v.33, n.1, p.75-83, 2013.
- PEREIRA, J.A.R.; TEIXEIRA, M.C.; SACZK, A.A.; BARCELOS, M.F.P.; OLIVEIRA, M.F.; ABREU, W.C. Total antioxidant activity of yacon tubers cultivated in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**. Brasil, v.40, n.5, p.596-605, 2016.
- PRATI, P.; BERBARI, S.A.G.; PACHECO, M.T.B.; SILVA, M.G.; NACAZUME, N. Estabilidade dos componentes funcionais de geléia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares. **Brazilian Journal of Food Technology**. V. 12, n. 4, p. 285-294, 2009.
- RAOULT-WACK, A.L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science & Technology**. France, v.5, p.255-260, 1994.
- RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**. India, v.34, p.429-440, 1997.
- RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**. V.13, p.48-59, 2002.
- SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**. Brasil, v. 38, n.3, p.898-905, 2008.
- SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de um recurso promissório. **Centro Internacional de La Papa**

- (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima, Peru, 2003.
- SILVA, A.S.S. A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial. Brasil, tese de doutorado, 158f., 2007.
- SILVA, S.L.M.V.; SEARA, L.M.; CHARBEL, A.T. Secagem da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) utilizando microondas. **E-xacta**. Brasil, v.6, n.2, p.147-153, 2013.
- SILVEIRA, E.T.F., RAHMAN, M.S., BUCKLE, K.A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**. V.29, p. 227-233, 1996.
- SOUZA NETO, M.A.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, A.S. Cinética de desidratação osmótica de manga. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. Brasil, v.10, n.2, p.37-44, 2004.
- SRITONGTAE, B.; MAHAWANICH, T.; DUANGMAL, K. Drying of osmosed cantaloupe: Effect of polyols on drying and water mobility. **Dry Technology**. V.29, p.527-535, 2011.
- TAKENAKA, M.; YAN, X.; ONO, H.; YOSHIDA, M.; NAGATA, T.; NAKANISHI, T. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.3, p.793-796, 2003.
- TEIXEIRA, A.P.; PAIVA, C.F.; RESENDE, A.J.; ZANDONADI, R.P. O efeito da adição de yacon no suco de laranja industrializado sobre a curva glicêmica de estudantes universitários. **Alimentação e Nutrição**. Brasil, v.20, n.2, p.313-319, 2009.
- TEIXEIRA, S.; GONÇALVES, J.; VIEIRA, E. Edulcorantes: uso e aplicação na alimentação, com especial incidência na dos diabéticos. **Alimentação Humana**. Brasil, v.17, n.1/2/3, 2011.
- VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v.147, n.2, p.119-130, 2003.
- VANINI, M. et al. A relação do tubérculo andino yacon com a saúde humana. **Ciência Cuidado e Saúde**, v.8, p.92-96, 2009.

VILHENA, S.M.C.; CÂMARA, F.L.A.; KAKIHARA, S.T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.18, n.1, p.5-8, 2000.

VOGGESESSER, G.; LYNN, K.; DAIGLE, J.; LAKE, F.K.; RANCO, D. Cultural impacts to tribes from climate change influences on forests. **Climatic Change**. V.120, n.3, p.615-26, 2013.