



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**DANIELE MARCHESELI DOS SANTOS**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BATATA YACON (*Smallanthus  
sonchifolius*) UTILIZANDO DIFERENTES EDULCORANTES**

**LARANJEIRAS DO SUL**  
**2018**

**DANIELE MARCHESELI DOS SANTOS**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BATATA YACON (*Smallanthus  
sonchifolius*) UTILIZANDO DIFERENTES EDULCORANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leda Battestin Quast

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Santos, Daniele Marcheseli dos  
Desidratação osmótica de batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) utilizando diferentes edulcorantes /  
Daniele Marcheseli dos Santos. -- 2018.  
47 f.

Orientador: Doutora Leda Battestin Quast.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Engenharia de Alimentos, Laranjeiras do Sul, PR , 2018.

1. Perda de umidade. 2. Incorporação de sólidos. 3.  
Perda de umidade. I. Quast, Leda Battestin, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**DANIELE MARCHESELI DOS SANTOS**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BATATA YACON UTILIZANDO  
DIFERENTES EDULCORANTES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professora Dr<sup>a</sup>. Leda Battestin Quast

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 12 / 12 / 2018

BANCA EXAMINADORA

*Leda Battestin Quast*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leda Battestin Quast

*Larissa Canhadas Bertan*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Larissa Canhadas Bertan

*Ernesto Quast*

Prof. Dr. Ernesto Quast

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, paciência e discernimento.

Aos meus pais Jair e Helena, pelo incentivo, confiança, carinho e amor incondicional.

Aos meus irmãos Dayane e Danilo; e sobrinhos Laura e Pedro Henrique pela inspiração, apoio e carinho.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup>Leda Battestin Quast, que nunca mediu esforços para ajudar, incentivando, dando sugestões e orientando durante todo o trabalho. Por todo conhecimento transmitido, paciência e compreensão.

Ao professor Luciano Tormen pela atenção e doação das batatas yacon para realizar os testes prévios.

Aos membros da banca examinadora, Ernesto Quast e Larissa C. Bertan pela disposição em participar e pelas contribuições durante a graduação.

A Letícia Dlugokenski, pela amizade e por me ajudar nos experimentos sempre que possível, nunca medindo esforços.

As minhas amigas, Anna Flávia, Larissa S, pela companhia durante a graduação e por terem compartilhado comigo muitos momentos.

As minhas amigas Tainara Alves e Aida Magalhães que tenho como irmãs e sempre me incentivaram.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, pela estrutura e oportunidade de ingresso na mesma.

Aos demais professores pelos ensinamentos e contribuições.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho.

Muito obrigada!

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado” (ROBERTO SHINYASHIKI).

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
2.1 BATATA YACON .....	2
2.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	7
2.3 EDULCORANTES .....	8
2.3.1. Xilitol.....	9
2.3.2 Sorbitol .....	10
2.3.3 Maltitol .....	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1 MATERIAL .....	12
3.2 METODOLOGIA .....	12
3.2.1 Caracterização físico-química da batata yacon .....	12
3.2.2 Preparo da matéria prima .....	12
3.2.3 Testes preliminares.....	12
3.2.4 Desidratação osmótica.....	13
3.2.5 Tratamento dos dados estatísticos .....	14
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA YACON.....	14
4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	16
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## RESUMO

A batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é um tubérculo com propriedades funcionais devido a sua ação probiótica e possui em sua constituição carboidratos de reserva como os frutooligossacarídeos (FOS), os quais por possuírem ação prebiótica apresentam propriedades funcionais. Devido ao seu alto conteúdo de umidade, aproximadamente 90%, o yacon pode sofrer degradações tendo a sua vida útil de aproximadamente sete dias em condições não refrigeradas. Para preservar as suas propriedades e maior tempo de consumo pode-se realizar a desidratação osmótica com o uso de edulcorantes, como alternativa de conservação. O objetivo deste trabalho foi realizar a desidratação osmótica em batatas yacon durante um período de 120 minutos, utilizando os edulcorantes sorbitol, xilitol e maltitol nas concentrações de 32 g/100mL, 46 g/100mL e 60 g/100mL a 25°C. Verificou-se que em relação a perda de massa, os edulcorantes não apresentaram diferença significativa em todas as concentrações utilizadas. A perda de umidade foi menor para todas as concentrações de edulcorantes que continham 32 g/100mL, mas para as amostras com concentrações de 46 g/100mL e 60 g/100mL não diferiram estatisticamente. Todos os edulcorantes utilizados nas concentrações de 46 g/100mL e 60 g/mL apresentaram a maiores percentuais de incorporação de sólidos, mas não diferiram entre si. Através da relação incorporação de sólidos por perda de água ( $\delta/\omega$ ) concluiu-se que a desidratação osmótica realizada com solução de sorbitol a 46g/100mL, pode ser indicada para testes futuros.

Palavras-chave: perda de umidade, incorporação de sólidos, perda de massa.

## ABSTRACT

Potato yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a tuber with functional properties due to its probiotic action and to contain reserve carbohydrates such as fructooligosaccharides (FOS). Due to its high moisture content, approximately 90%, the yacon can undergo degradation with its shelf life of approximately seven days under non-refrigerated conditions. To preserve its properties and longer time of consumption osmotic dehydration can be performed with the use of sweeteners, as an alternative of conservation and consequently lower operational cost. The objective of this work was to perform osmotic dehydration in yacon potatoes during a period of 120 minutes using sorbitol, xylitol and maltitol sweeteners at concentrations of 32g / 100mL, 46g / 100mL and 60g / 100mL at 25°C. It was verified that there was a greater variation of mass loss in the concentration of 32g / 100mL of sorbitol. The moisture loss was lower for the sample with 32g / 100mL of sweetener. Concentrations of 46g / 100mL and 60mL showed a higher percentage of solids incorporation in the potato, being not influenced the type of sweetener. From the reason of the incorporation of solids by the loss of moisture, it was concluded that the solution of xylitol at 32g / 100mL is the one that better maintained the characteristics of the product closer to the in natura.

Key words: loss of moisture, incorporation of solids, loss of mass.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação das pessoas com a saúde, tem levado o interesse por alimentos funcionais que contribuem no tratamento e prevenção de doenças. Em resposta desta demanda, a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) se enquadra nessas especificações pelo fato das propriedades benéficas devido sua ação prebiótica e limitadora do índice glicêmico, devido conter carboidratos de reserva como os frutooligossacarídeos (FOS) (MENDONÇA, 2014).

A batata yacon é um tubérculo, originário da região dos Andes da Colômbia, Peru, Equador, Bolívia e noroeste da Argentina e foi introduzida no Brasil no início da década de 90 por imigrantes japoneses que utilizavam suas raízes contra diabetes e também no combate do colesterol no sangue como forma de tratamento (VILHENA, CÂMARA & KAKIHARA, 2000). Dentre alguns benefícios do consumo da batata yacon está a melhora do funcionamento da flora intestinal, retenção de baixo valor energético, controle glicêmico, prevenção de doenças do trato gastrointestinal, melhora da imunidade, redução da pressão arterial e redução do nível de colesterol (SACRAMENTO et al, 2017).

A raiz deste tubérculo, possui cerca de 90% de água, o que torna suscetível a uma rápida degradação e vida de prateleira de 7 dias em condições ambientes (MOURA, 2004). Assim, para aproveitar a raiz tuberosa com alta funcionalidade é necessário o consumo imediato após a sua colheita, devido a concentração de probióticos diminuírem com o passar do tempo de armazenamento (GAEFE, 2004). Dessa forma, uma maneira de aumentar o tempo útil da batata é através da secagem ou desidratação.

A desidratação osmótica é um processo no qual uma fração de água é removida dos alimentos, através da imersão do mesmo em soluções aquosas concentradas. Nesta transferência acontece incorporação de sólidos e ocasionando a diminuição da atividade de água e velocidade de deterioração do alimento (MARTIM et al., 2007; RUIZ-LÓPEZ et al., 2011). Este método possui vantagem em diminuir o teor de umidade do alimento, preservar as propriedades sensoriais e nutricionais e diminuir o tempo de secagem e custo do processo (MEDEIROS et al, 2006).

Os agentes osmóticos mais utilizados na desidratação são sais e açúcares (MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011), entretanto, hoje em dia existe uma série de edulcorantes que constituem uma alternativa para esse processo. Os edulcorantes são substâncias que conferem sabor

doce aos alimentos e são menos calóricos, sendo os mais empregados o xilitol, maltitol e sorbitol. Os edulcorantes possuem baixo peso molecular e possuem a habilidade de não formarem uma superfície de soluto na superfície do produto; além da sua impregnação no alimento não acarretar na elevação do valor calórico e no índice glicêmico do produto, sendo indicado para o consumo por diabéticos e pessoas acima do peso (MENDONÇA, 2014; CHAUHAN et al., 2011).

Frente ao exposto, a desidratação osmótica de batata yacon utilizando diferentes edulcorantes é uma alternativa para a conservação, devido a remoção parcial de água no produto, ocasionando em processos posteriores um menor tempo de secagem. Além de desenvolver um novo produto com pequena taxa calórica como opção para diabéticos e demais consumidores quando complementado pelo processo de secagem.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a desidratação osmótica em batata yacon com diferentes edulcorantes.

#### 1.1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar física e quimicamente a batata yacon;
- Avaliar a utilização de xilitol, sorbitol e maltitol como solutos para a desidratação osmótica;
- Avaliar as concentrações de 32 g/100ml, 46 g/100ml e 60 g/100ml de cada edulcorante a 25°C durante a desidratação osmótica;
- Avaliar a perda de água, variação de massa e incorporação de sólidos solúveis durante a desidratação osmótica da batata yacon sob diferentes tempos e concentrações;

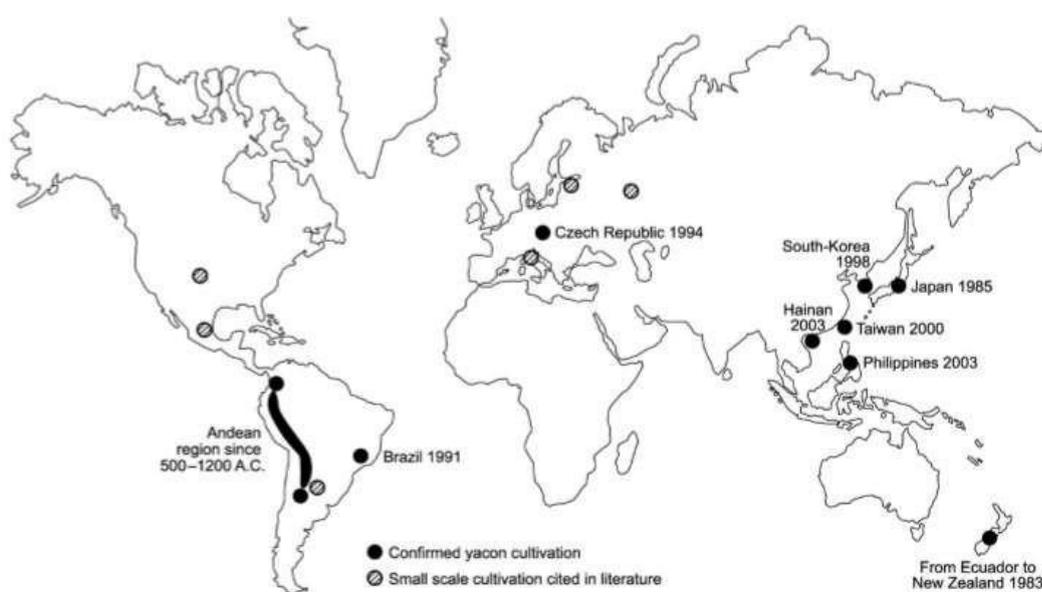
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BATATA YACON

A batata yacon (*Smallanthus sonchifollius*) é uma planta de origem Andina, na América do Sul, encontrada desde a Venezuela até o noroeste da Argentina, em altitudes de 2000 a 3100 metros (AYBAR et al., 2001). Nessas regiões é cultivado desde a civilização antiga Inca, sendo utilizado em diversas festividades e na alimentação humana (NRC, 1989).

Atualmente, o seu cultivo encontra-se em diversos continentes como no Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos, Nova Zelândia, Alemanha, Itália, França, República Tcheca, Tailândia, Filipinas, Rússia, Estônia, Eslováquia, Taiwan e no sudeste do Brasil como ilustrado na Figura 1 (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

Figura 1 - Distribuição do yacon no mundo



Fonte: OJANSIVU et al., 2011.

No Brasil, foi introduzida na década de 90 por imigrantes japoneses, no qual as folhas eram utilizadas na forma de chá e tratamento de diabetes e colesterol. Seu consumo expressivo iniciou-se aproximadamente no ano de 2000, se tornando conhecida como batata do diabético (OJANSIVU et al., 2011; SANTANA, CARDOSO, 2008).

O yacon pode medir entre 1 e 2,5 metros de altura, sendo imensamente adaptável ao clima, tipo de solo e altitude, pois sua alta resistência ao frio e a seca está relacionada à

grande quantidade de carboidratos de reserva nos órgãos subterrâneos (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003; NRC, 1989). A maturidade da planta é obtida entre 6 e 10 meses após o plantio, quando as flores começam a desabrochar, sendo que isto é dependente da região de cultivo (NRC, 1989). Já a colheita das raízes é realizada entre 10 a 12 meses após o plantio, quando a parte aérea está completamente seca (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004). A Figura 2 apresenta a parte aérea e a parte subterrânea da planta de yacon.

Figura 2 – Parte aérea e parte subterrânea da planta de yacon



Fonte: YACON SYRUP (2010) apud KOTOVICZ (2011).

A raiz tuberosa possui sabor semelhante ao de frutas como pera e melão, com polpa suavemente amarelada, crocante e aquosa (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003; MANRIQUE; HERMANN, 2004). Quando colhidas, tendem a conter um sabor amiláceo, devido a isto, são expostas a luz solar por muitos dias depois da colheita, com intuito de aumentar seu gosto doce, sendo esta técnica conhecida como *soleado* (GRAEFE et al, 2004).

Normalmente, as raízes são consumidas cruas e descascadas devido a casca conter sabor resinoso, entretanto existem outras formas de consumo como cozida ou frita. No Japão, as batatas são processadas em bebidas fermentadas, produtos de panificação, pó ou polpa liofilizada, pickles entre outros (GRAU; REA, 1997).

Além do sabor agradável, o yacon possui propriedades antioxidantes e prebióticas, sendo assim considerado um alimento funcional. A raiz do yacon é consumida terapeuticamente por diabéticos, pessoas com problemas digestivos e renais (AYBAR et al., 2001; GENTA et. al, 2009; MANRIQUE et al., 2004). Já as folhas também possuem

propriedades antidiabéticas, sendo comprovadas em uma pesquisa realizada por Valentová et al., (2008).

Distintamente da maioria dos tubérculos e raízes que armazenam carboidrato no modo de amido, a batata armazena principalmente frutooligossacarídeos (FOS), que são açúcares não são digeridos pelo organismo humano diretamente, por não haver enzimas disponíveis para o metabolismo destes elementos, sendo considerados compostos bioativos na alimentação humana (CASTILLO ALFARO & VIDAL MELGAREJO, 2005).

Os FOS possuem solubilidade maior que a sacarose, não cristalizam, não precipitam e são estáveis a faixa de pH entre 4 a 7, sendo estes valores típicos de diversos alimentos. Na maioria dos processos de aquecimentos, os FOS não são degradados, entretanto, podem ser hidrolisados em frutose em condições ácidas (pH < 3,0) e em condições de exposição prolongada de determinados tempo/temperatura (KOTOVICZ, 2011).

Entre as atividades prebióticas dos FOS encontradas na raiz está o alívio da constipação, favorecimento da saciedade pelo alto conteúdo de água e fibra solúvel, redução de trânsito intestinal, aumento na absorção de minerais, fortalecimento do sistema imunológico, decréscimo do desenvolvimento de câncer de cólon, sendo comprovado quando ingerido em doses recomendadas (GEYER et al., 2008).

Em relação a sua composição, o mineral mais abundante é o potássio que representa em média 230mg 100g<sup>-1</sup> de matéria fresca comestível ou 1 a 2% do peso seco. Já em menores quantidades, encontra-se o cálcio, ferro, fósforo, magnésio, sódio, zinco, manganês e cobre. Certas vitaminas representam apenas traços do seu arranjo exceto o ácido ascórbico (MANRIQUE; PÁRRAGA, 2005). A Tabela 1 apresenta a composição centesimal do yacon e a sua Ingestão Diária Recomendada (IDR).

**Tabela 1** – Composição centesimal de yacon *in natura*

<b>Componente</b>	<b>Quantidade por 100 g</b>	<b>IDR</b>
Água	69,5 – 93 g	n.d
Carboidratos	9 – 13,8 g	n.d
Proteínas	0,1 – 4,9 g	50 g
Lipídeos	0,1 – 1,5 g	n.d
Cinzas	0,26 – 6,0 g	-
Fibras	0,28 – 4,1 g	n.d
Valor calórico	14 – 22 kcal	-
Potássio	180 – 334 mg	n.d

Cálcio	6 – 131 mg	800 mg
Fosforo	21 – 309 mg	800 mg
Ferro	0,2 – 0,3 mg	14 mg

Nota: nd = não determinado.

Fonte: OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN (2011) apud BROCHIER (2013). ANVISA, Portaria n° 33, de 13 de janeiro de 1998.

Durante o processamento e/ou armazenamento, a batata yacon escurece rapidamente, devido ao seu alto índice fenólico, seus teores de ácido clorogênico e cafeico e pela atividade de enzimas endógena. O yacon possui uma grande fonte da enzima fenoloxidase, a qual catalisa a oxigenação de compostos fenólicos a quinonas que, depois da polimerização exibem pigmentos marrons ou pretos, conhecidos da oxidação enzimática de vegetais e frutas (LACHMAN et al. 2003, SANTANA; CARDOSO, 2008; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

Quando as membranas das células são rompidas, a enzima polifenoloxidase, entra em contato com compostos fenólicos e o escurecimento enzimático é resultado da oxidação e da eventual polimerização não enzimática das quinonas produzidas em taninos ou melaninas. Esta oxidação ocorre devido a presença de oxigênio livre, escurecendo com rapidez a superfície cortada da batata, prejudicando o seu produto final e aparência (CABELLO, 2005; SANTANA; CARDOSO, 2008).

Para controlar o escurecimento enzimático, deve-se inibir e/ou minimizar a ação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase (CABELLO, 2005). Entre os métodos indicados para prevenir a oxidação são a desidratação, o tratamento térmico, armazenamento a baixas temperaturas, a ausência de oxigênio do meio e utilização de antioxidantes (LUPETTI et al., 2005).

O branqueamento é um pré-tratamento utilizado para inativar as enzimas que aceleram reações de deterioração e que ocasionam o escurecimento dos vegetais, além de diminuir o número de microrganismos que contaminam alimentos. Este método pode ser utilizado como pré-tratamento da desidratação osmótica, pasteurização, esterilização, congelamento e refrigeração (AGUILERA; STANLEY, 1999).

Souza & Leão (2012), ao realizarem um estudo de comparação de diferentes métodos de inativação enzimática, avaliaram a redução do pH, remoção de oxigênio e calor. Entre essas metodologias, a mais eficiente foi o método químico, com o uso de agentes

acidificantes (redução do pH). Ao avaliar as soluções de ácido ascórbico 1,0%, acético 0,1% e 1%, a primeira solução foi o que obteve maior eficiência na inativação enzimática de banana, maçã e cenoura.

## 2.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

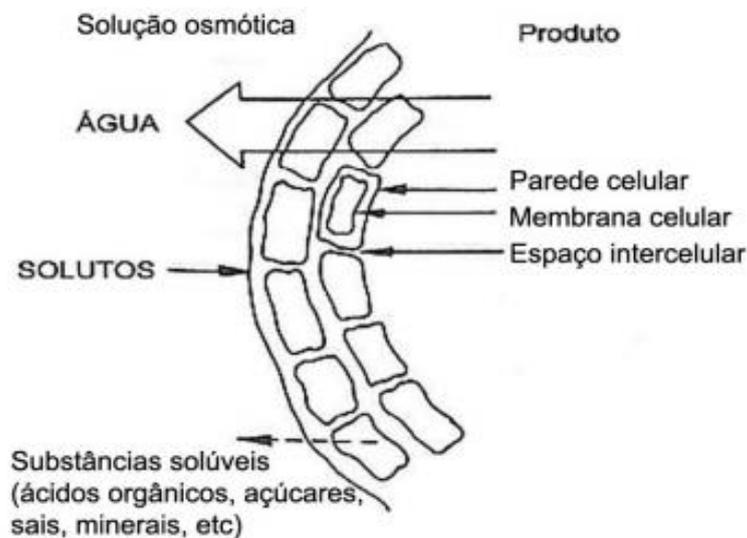
A desidratação osmótica é uma técnica utilizada há muitos anos para a conservação de alimentos, sendo um dos métodos mais apropriados para obtenção de produtos com perda de umidade inicial de 20 a 50%, promovendo poucas alterações na cor, textura e valor nutricional (ANDRADE et al., 2007; FERRARI et al., 2005).

A remoção de água de um alimento total ou parcial, ocasiona a inibição do desenvolvimento de microrganismos, a prevenção de reações bioquímicas que favorecem a deterioração, baixos custos na embalagem, armazenamento e transporte, gerando o aumentando a vida de prateleira de diversos produtos (PARK e BIN, 2002).

As vantagens das frutas que são conservadas pelo processo de desidratação é que as mesmas podem ser consumidas durante todo o ano devido, além da facilidade no transporte, armazenamento e exportação. Além do produto possuir características semelhantes aos frutos *in natura*, apresentam baixo custo e alta qualidade, atraindo os consumidores e estabelecimentos que os vendem como produtos diferenciais (VASCONCELOS, 2010).

Na desidratação osmótica é realizada a imersão do material em uma solução hipertônica. A diferença de pressão osmótica entre as fases favorece dois fluxos contracorrentes simultâneos: saída de uma fração de água do material para a solução osmótica e a difusão de sólidos resultante da solução para o alimento até que o equilíbrio seja atingido (MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011; AZOUBEL et al.; 2010). Existe ainda o terceiro fluxo no sistema, no qual acontece a lixiviação de solutos (minerais, vitaminas, açúcares, ácidos, entre outros) do produto pela água. Isto acontece porque a membrana plasmática responsável pelo controle da entrada e saída de substâncias das células não ser totalmente seletiva, ocasionando a perda de alguns solutos do alimento em conjunto com a água (DALLA ROSA E GIROUX, 2001). A Figura 3 ilustra o esquema de transferência de massa durante a desidratação osmótica.

Figura 3 - Esquema da transferência de massa durante a desidratação e impregnação osmótica.



Fonte: Souza, 2007.

Dos processos de secagem a desidratação osmótica é um dos pré-tratamentos mais utilizados (CORRÊA et al., 2011). O objetivo de sua utilização é de reduzir o tempo total e elevar a eficiência da secagem, pois causa a queda da umidade inicial da amostra e alterações na estrutura do produto, devido aos fluxos obtidos através da matriz do alimento durante o pré-tratamento (VICENTE; NIETO; HODARA, 2012).

Os principais fatores que alteram a transferência de massa durante a desidratação osmótica, são a concentração e temperatura da solução, a existência ou não de agitação, razão entre a quantidade de alimento e solução, propriedades da estrutura do produto, peso molecular, forma, tamanho, natureza e pressão em que o processo é realizado (ALLALI; MARCHAL; VOROBIEV, 2010).

### 2.3 EDULCORANTES

A ANVISA define os edulcorantes como sendo “substâncias naturais ou artificiais, diferentes dos açúcares, que conferem sabor doce aos alimentos”. Existem adoçantes denominados de “edulcorantes intensos”, na qual oferecem sabor doce intenso, sem adição ou com uma quantidade reduzida de calorias, sendo como exemplos o acessulfame-k, aspartame, ciclamato, sacarina, taumatina e neohesperidina. Os edulcorantes denominados “hipocalóricos”, contêm menos calorias por grama quando comparados a sacarose, apresentando o mesmo volume e podem ser úteis para pessoas que querem perder ou

controlar seu peso. Dentre os principais edulcorantes presentes a este grupo são o sorbitol, maltitol e xilitol (BRASIL, 2013).

As principais vantagens da utilização de edulcorantes de baixa intensidade na desidratação osmótica é que a sua impregnação não ocasiona um aumento do valor calórico e no índice glicêmico no alimento, sendo indicado para o consumo de pessoas acima do peso, diabéticas e demais públicos que buscam a alimentação saudável. Além disso, pelo fato de serem solutos de baixo peso molecular, não se observa a formação da camada superficial de soluto na superfície do alimento. Isto acontece com solutos de alto peso molecular, no qual pode haver cristalização quando se aglomera na superfície do produto, promovendo alterações indesejadas na textura do mesmo (MENDONÇA, 2014).

### **2.3.1. Xilitol**

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o xilitol é um aditivo alimentar do tipo umectante, no qual aplica-se em balas, confeitos, gomas de mascar e produtos similares, na quantidade necessária para se obter o efeito esperado, uma vez que não afeta a característica do alimento (ANVISA, 2002a, b).

O xilitol pode ser encontrado em diversas frutas e vegetais, sendo extraído de árvores especiais e bétulas de países como Noruega, Suécia e norte da Finlândia. Também é produzido a partir da cana de açúcar, sabugo de milho, casca de sementes e nozes (PEREIRA et al., 2009).

O xilitol possui fórmula molecular  $C_5H_{10}O_5$  e peso molecular de 152,15 g/gmol. É um poliol de pó cristalino, branco e sem odor e sua doçura é semelhante ao da sacarose, contendo 40% de calorias a menos (BRASIL, 2013).

O seu valor de dissociação é de -34,8 cal/g, o que permite um agradável efeito refrescante. Apresenta solubilidade em água semelhante ao da sacarose (67 g/100g água à 25°C) e confere maior conservação de produtos, devido ser excelente agente redutor de atividade de água (MAIA et al., 2008).

Devido ao seu caráter não cariogênico, pode ser utilizado em diversas aplicações, como em confeitaria, compotas, doces, geleias, xaropes e na área farmacêutica. Naturalmente, pode ser encontrado em diversas frutas e plantas, como framboesa, ameixa, morango, espinafre, entre outros (BRASIL, 2013).

Quando comparando-se o xilitol com a sacarose, a sua vantagem se dá pela alta estabilidade química e microbiológica, atuando mesmo em pequenas concentrações como

conservante de produtos alimentícios, resultando na resistência ao crescimento de microrganismos e alta vida útil desses produtos (BAR, 1991).

O xilitol pode ser eficiente no tratamento de diabetes, lesões renais e parentais, desordem de metabolismo de lipídeos, prevenção de cáries, infecções pulmonares, otites e osteoporose, uma vez que a sua absorção pelo intestino é lenta, não havendo alterações bruscas das concentrações de glicose no sangue, resultando seu metabolismo independente da insulina (MAIA et al., 2008).

Apesar do xilitol ser obtido naturalmente de frutas e vegetais, o mesmo apresenta efeitos colaterais quando consumido em grandes quantidades, causando desconforto abdominal. A dosagem máxima diária recomendada para que não aconteça efeitos indesejados é igual a 20 g/dia, não ocasionando riscos significativos à saúde das pessoas (PEREIRA et al., 2009).

### **2.3.2 Sorbitol**

O sorbitol é um poliol de seis carbonos, presente em frutas e carboidratos, que apresenta sua fórmula e peso molecular são  $C_6H_{14}O_6$  e 182 g/gmol, respectivamente. É facilmente solúvel em água e praticamente insolúvel em solventes orgânicos habituais. Além disso é um composto não redutor e fermentável por leveduras e possui grande resistência a ação de bactérias (BRASIL, 2013).

Pode ser encontrado em frutas, como maçãs, pêras, pêsegos, cerejas, ameixas e em algas marinhas. Sendo comercializado como xarope ou na forma de pó. Não é cariogênico e seu efeito ao ser consumido é de refrescância na boca, não havendo sabor residual (VIGGIANO, 2003). O sorbitol se encontra como um pó branco, sem odor, higroscópico, cristalino e possui sabor doce agradável, sendo muito usado em chocolates, balas e confeitos, entretanto, seu consumo em excesso pode provocar flatulência. Este contém a metade do sabor adocicado da sacarose, fornecendo entre 1,6 e 2,6 Kcal/g.

Segundo o Comitê de Avaliação de Adoçantes, a quantidade aceitável de ingestão diária do sorbitol, ainda não está especificada, logo, não existem limites estabelecidos. Porém, pode levar a quadros diarreicos, devido a sua absorção incompleta (BARREIROS, 2012).

Apresenta valor calórico baixo quando comparado com o açúcar e devido a isso é utilizado com grande frequência em produtos para diabéticos, além de garantir a vida útil dos alimentos (BRASIL, 2013).

### 2.3.3 Maltitol

O maltitol possui fórmula molecular  $C_{12}H_{24}O_{11}$ , no qual apresenta aproximadamente cerca de 80 a 90% do sabor doce do açúcar, porém com redução calórica de 40%. Seu peso molecular é de 344,31 g/gmol e algumas propriedades físicas são semelhantes às da sacarose. Entre os polióis é o segundo com menor efeito laxativo, sendo bem tolerado (90g/dia) quando comparado com a sacarose (120g/dia) (BRASIL, 2013).

É um edulcorante bastante utilizado em produtos dietéticos como chocolates, confeitos, biscoitos, bolos e doces em geral. Em xaropes, normalmente contém uma mistura de maltitol puro com outras cadeias lineares maiores que possuem o maltitol como suporte, sendo adicionado de uma ou mais moléculas de glicose. Este xarope pode ser também utilizado em barras de cereais, nutricionais, granolas, balas, doces, entre outros (BRASIL, 2013).

Possui alta higroscopicidade, sendo necessários cuidados especiais em sua embalagem. Tem boa estabilidade térmica, química e enzimática e não confere sabor residual e refrescância na boca (GOMES e.t al., 2007). Na Tabela 2, encontram-se os dados referentes aos edulcorantes e sacarose em relação a massa molecular, calor de dissolução, viscosidade, higroscopicidade, solubilidade e dulçor.

**Tabela 2** - Comparação entre os edulcorantes

	<b>Xilitol</b>	<b>Sorbitol</b>	<b>Maltitol</b>	<b>Sacarose</b>
Fórmula molecular	$C_5H_{10}O_5$	$C_6H_{14}O_6$	$C_{12}H_{24}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Massa molecular (g/mol)	152	182	344	342
Calor de dissolução (°C)	-36,5	-26	-18,9	-4,3
Viscosidade	Muito baixa	Média	Média	Baixa
Higroscopicidade	Alta	Média	Média	Média
Solubilidade (% a 25°C)	64	70	60	67
Doçura em relação a sacarose (%)	100	50	80	100
Valor calórico (kcal/g)	4	4	4	4

Fonte: Brasil dairy trends 2020.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAL**

As batatas yacon foram adquiridas do mercado local do município de Laranjeiras do Sul - PR, sempre do mesmo estabelecimento para minimizar a não variabilidade dos resultados. As mesmas foram estocadas em refrigerador a 5°C até o momento das análises. Para a seleção da matéria-prima foi levado em consideração a sua integridade física e ausência de rachaduras. Como agentes osmóticos foram utilizados sorbitol, xilitol e maltitol adquiridos de sites oficiais e confiáveis de vendas online.

#### **3.2 METODOLOGIA**

##### **3.2.1 Caracterização físico-química da batata yacon**

A batata yacon *in natura* foi caracterizada de acordo com as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Entre as análises realizadas destacam-se a determinação de umidade pelo método convencional de estufa a 105°C; proteína pelo método Kjeldahl; cinzas por gravimetria em mufla à 550°C até peso constante; atividade de água pelo analisador de atividade de água (Labmaster Tecnal); sólidos solúveis por refratômetro (Biobrix); pH por pHmetro (Hanna instruments) e lipídios pelo método Bligh-dyer com adaptações.

##### **3.2.2 Preparo da matéria prima**

Inicialmente as raízes tuberosas foram higienizadas com água corrente e depois realizou-se o descascamento manual e fatiamento quadricular com espessura fixa de 1,64 mm e 2x2 cm de comprimento e largura respectivamente. Para a inativação enzimática realizou-se o branqueamento químico das batatas em solução aquosa de 2% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico em temperatura ambiente 25°C por 5 minutos.

##### **3.2.3 Testes preliminares**

Para a determinação dos edulcorantes a serem utilizados para a desidratação osmótica, levou-se em consideração a sua higroscopicidade, sua massa molecular e sua solubilidade. Segundo Ferrari et al (2005) e Dionello et al. (2007), as principais exigências para que um

soluto seja utilizado na desidratação é possuir alta solubilidade em água, baixo custo, bons efeitos sobre as propriedades sensoriais e na estabilidade final do produto. Logo os edulcorantes definidos foram o sorbitol, xilitol e maltitol.

Com isso, sabendo que a solubilidade à 25°C do sorbitol é de 70%, xilitol 64% e maltitol 60%, foram realizados testes prévios de desidratação osmótica com 50% da saturação de cada edulcorante (35g/100mL de sorbitol; 32g/100mL de xilitol e 30g/100mL de maltitol), sendo verificado que os valores obtidos em relação a perda de massa, incorporação de sólidos e perda de água foram mais satisfatórios para o xilitol nesta condição.

A partir do valor de 50% de saturação de xilitol (32g/100mL), definiu-se as demais concentrações subsequentes a serem utilizadas. Foi considerado um delta de 14g somado ao valor inicial e ao subsequente, resultando em 46g/100mL e 60g/100mL. Levou-se também em consideração que o valor máximo da concentração de saturação do xilitol a 25°C que é de 60g/100 mL.

A temperatura de desidratação osmótica tem grande importância na cinética, bem como na qualidade do produto final. Com o aumento da temperatura, ocorre maior remoção de água e um menor tempo de tratamento (ANTONIO, 2002). A temperatura escolhida para a realização dos experimentos foi de 25°C, devido ser uma temperatura ambiente fácil de ser controlada em laboratório e em diferentes períodos do ano.

Os testes prévios realizados na desidratação osmótica utilizando 50% de saturação dos edulcorantes, encontram-se no Anexo I.

### **3.2.4 Desidratação osmótica**

Para a desidratação osmótica das amostras, foram transferidas 75 g de yacon para um béquer de 500 mL e adicionadas 100 mL das soluções osmóticas com 32g/100mL, 46g/100mL e 60g/100mL de cada edulcorante à 25°C durante 120 minutos. A cada 15 minutos, as batatas foram retiradas das soluções com o auxílio de uma peneira e foram enxaguadas com água para remoção do filme de edulcorante formado na superfície do produto. Em seguida foi realizado a absorção do excesso de água em papel absorvente e aferida a sua massa através de balança analítica. As batatas retornaram novamente para a solução osmótica até o final do tempo do experimento. Para cada solução de edulcorante, as corridas de desidratação osmótica foram feitas em triplicata. Após isto, as batatas foram secas em estufa convectiva à 105°C durante 48 horas para determinação da sua massa seca.

Para cada ensaio foram determinadas a perda de umidade (PU), perda de massa (WR) e incorporação de sólidos (IS). A perda de água 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 se refere ao percentual de diminuição de massa da amostra em relação a sua massa inicial; já a incorporação de sólidos é definida pela massa de sólidos inicial da amostra e a massa de sólidos incorporados na amostra. Os valores de PU, WR e IS são determinados pelas equações 1, 2 e 3 respectivamente (SILVEIRA, 1996).

$$PU(\%) = \frac{(U_i * m_i) - (U_f * m_f)}{m_i} \quad (1)$$

$$WR(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \quad (2)$$

$$IS(\%) = \frac{(ST_i * m_i) - (ST_f * m_f)}{m_i} \quad (3)$$

Sendo: PU = perda de umidade;  $m_i$  = massa inicial;  $m_f$  = massa final;  $U_i$  = teor inicial de umidade (%);  $U_f$  = teor final de umidade (%); WR = variação de massa; IS = incorporação de sólidos;  $ST_i$  = teor inicial de sólidos totais (%);  $ST_f$  = teor final de sólidos totais (%) (AZEREDO, 2000).

### 3.2.5 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95% de significância ( $p < 0,05$ ). A comparação de médias foi realizada usando o Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os dados foram analisados usando o software STATISTICA® (versão 8.0).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA YACON

Os valores obtidos experimentalmente para a composição físico-química das batatas yacon *in natura*, estão apresentados na Tabela 3. Para fins comparativos, também são apresentados valores obtidos em literatura.

**Tabela 3** - Caracterização Físico-química da batata yacon *in natura*

Análise	Valores médios ( $\pm$ DP)	Kotovicz 2011	Ojansivu et al. 2011	Moura 2004
Umidade (%)	90,92 ( $\pm$ 0,11)	88,68 ( $\pm$ 1,02)	69,5 - 93	90,63
Proteína (%)	2,08 ( $\pm$ 0,89)	0,26 ( $\pm$ 0,12)	0,1 - 4,9	0,33
Lipídios (%)	0,24 ( $\pm$ 0,01)	n.d	0,1 - 1,5	n.d
Cinzas (%)	0,89 ( $\pm$ 0,20)	n.d	0,26 - 6,0	n.d
Atividade de água	0,95 ( $\pm$ 0,00)	n.d	n.d	n.d
PH	6,25 ( $\pm$ 0,05)	6,47 ( $\pm$ 0,13)	n.d	4,8
Sólidos solúveis (°Brix)	13,97 ( $\pm$ 0,06)	12,16 ( $\pm$ 2,38)	n.d	9,5

Nota: DP = desvio padrão; nd = não determinado. Fonte: o autor (2018).

A batata yacon, possui alto teor de umidade sendo encontrado nesta pesquisa o valor de 90,92%, sendo compatível com os valores encontrados pelos demais autores. Esse alto valor de umidade está relacionado com as características intrínsecas do produto, justificando a sua rápida deterioração nas condições ambientes, o que é confirmado pela sua elevada atividade de água. A porcentagem de lipídios encontrada de 0,24% foi semelhante ao de Ojansivu, Ferreira & Salminen (2011), uma vez que é esperado um valor baixo devido as suas características. Com relação ao teor de proteínas e cinzas, verificou-se que a batata em estudo apresentou os valores de 2,08% e 0,89%. De acordo com os mesmos autores, o teor de proteína presente nas batatas pode variar de 0,1 à 4,9% e o teor de cinzas de 0,26 a 6%. O teor de cinzas pode estar relacionado com a presença de minerais e vai depender das condições climáticas e local de cultivo. Assim, a caracterização físico-química da batata pode apresentar diferenças entre os valores encontrados por diferentes autores.

Tanto os valores de sólidos solúveis (13,97 °Brix), quanto o de pH (6,25), foram semelhantes aos determinados por Kotovicz (2011), no qual encontrou 12,16 °Brix e pH de 6,47 em batatas yacon. O produto pode ser considerado com acidez média, uma vez que a escala de pH consiste de 0 a 14, na qual o intervalo de 0 até 6,9 indica acidez, de 7,1 a 14 um caráter básico e no valor de 7 um caráter neutro. Outros alimentos como feijão, brócolis, couve-flor possuem acidez semelhante à da batata yacon.

## 4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A variação de massa em relação ao tempo para cada edulcorante nas concentrações de 32, 46 e 60g/100mL estão apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6.

Figura 4 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo na concentração de 32g/100mL

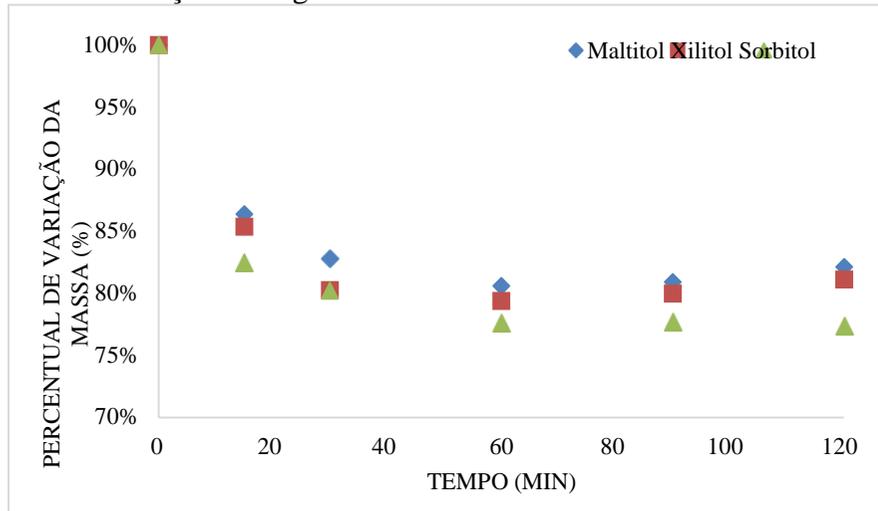


Figura 6 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo na concentração de 60g/100mL

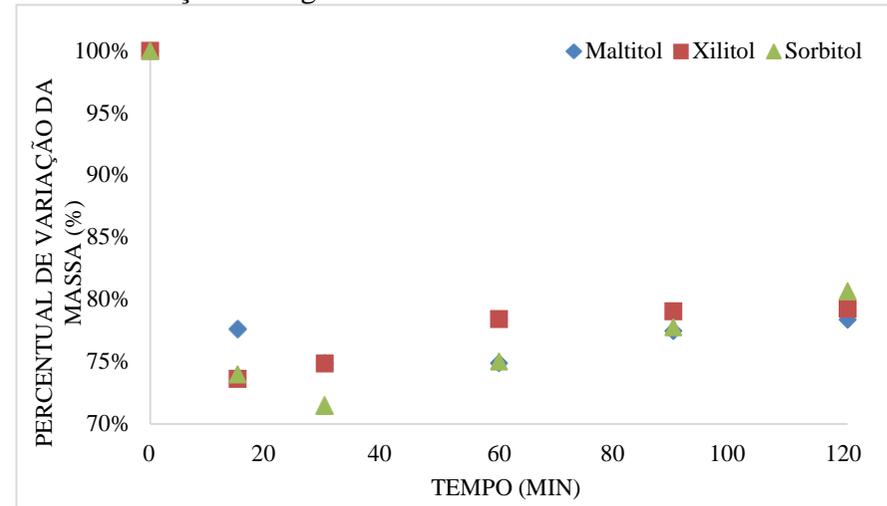
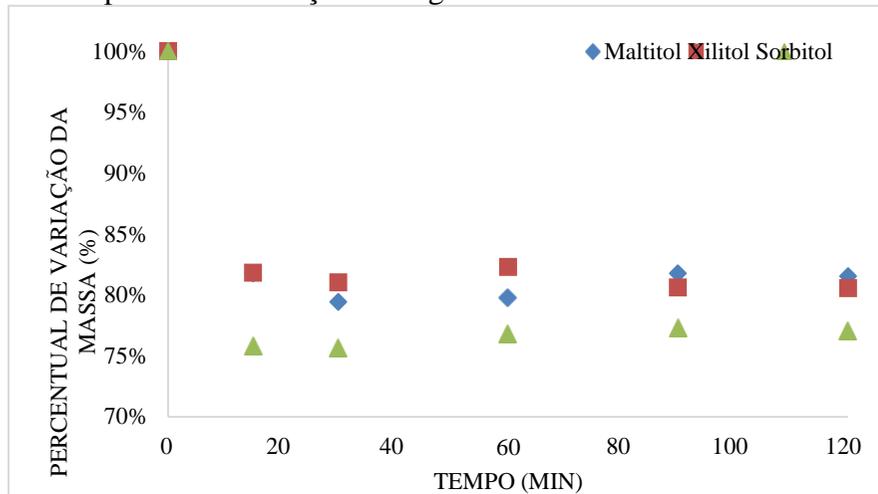


Figura 5 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo na concentração de 46g/100mL



A partir da Figura 4 é possível observar que para a concentração fixa de 32g/100mL houve uma diminuição da variação de massa da batata no decorrer do tempo para todos os edulcorantes, nos primeiros 30 minutos. A partir deste tempo, a variação se manteve constante apresentando uma tendência ao equilíbrio nos demais intervalos, podendo-se concluir que a desidratação pode ser realizada até esse tempo, pois a partir deste não será mais efetiva.

Lima (2012), ao realizar a desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e de sorbitol, observou maior taxa de saída de água na primeira hora do processo, no qual a concentração da solução exerceu influência na cinética de perda de água, assim como descrito na literatura. Estes resultados são semelhantes ao de Martim (2003) em estudo com a desidratação de manga utilizando sorbitol, sacarose e estévia nas duas primeiras horas de desidratação.

Segundo Neto et al. (2005), as velocidades de perda de umidade e incorporação de sólidos foram maiores na primeira hora de desidratação, tendendo ao equilíbrio final do período de 5 horas, não havendo visualizado alterações significativas nos valores percentuais de perda de umidade e incorporação de sólidos a partir de 4 horas de desidratação.

Com a Figura 5 visualiza-se a variação de massa de batata yacon em função do tempo, na concentração de 46g/100mL para cada edulcorante. Verifica-se que houve uma queda na perda de massa para todos os edulcorantes até o tempo de 30 minutos, entretanto houve uma pequena variação dessa perda entre os tempos de 15 a 30 minutos, quando comparado com a concentração de 32g/100mL. Após este tempo ambas as soluções apresentaram um pequeno aumento da perda de massa no tempo de 60 minutos e nos tempos de 90 e 120 se manteve constante. Segundo Corrêa (2010) e Ferrari (2011), este equilíbrio do aumento da variação de massa pode se justificar devido a formação de uma camada superficial de soluto na superfície do produto, impedindo a sua entrada do alimento não havendo então mais variação de massa.

Queiroz et al (2010) verificou o mesmo comportamento na desidratação de goiabas, no qual na primeira fase, a perda de umidade, ganho de sólidos e redução de massa ocorreu de forma mais intensa nos primeiros 30 minutos e após os fluxos de massa passaram a decrescer gradualmente, tendendo ao equilíbrio a partir de 1h e 30 minutos.

Já em relação a figura 6, para todas as soluções osmóticas de edulcorantes com 60g/100mL, houve até o tempo de 30 minutos uma grande queda de variação de massa e a partir de então um aumento gradativo até os 120 minutos. Esse comportamento pode indicar que houve uma maior entrada de edulcorante em relação a perda de água.

Dentre as soluções osmóticas que obtiveram maior variação de massa se encontra o sorbitol, seguido do xilitol e maltitol.

A concentração das soluções osmóticas e o tempo de imersão do produto durante a desidratação osmótica influencia na perda de massa, pois a maior exposição do produto em solução desidratante resulta em um aumento da perda de massa. O que explica o ocorrido na Figura 6.

As Figuras 7 à 9, apresentam a variação de massa em relação ao tempo de cada edulcorante em diferentes concentrações.

Figura 7 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo em diferentes concentrações de sorbitol.

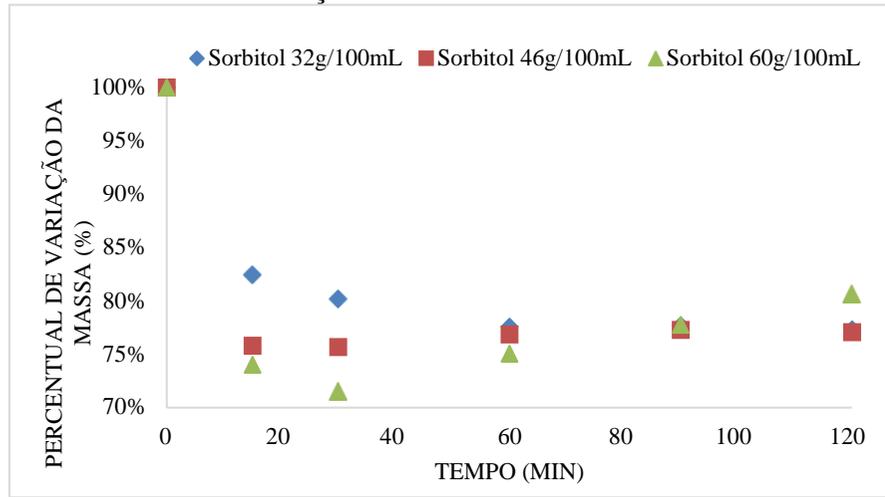


Figura 9 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo em diferentes concentrações de maltitol.

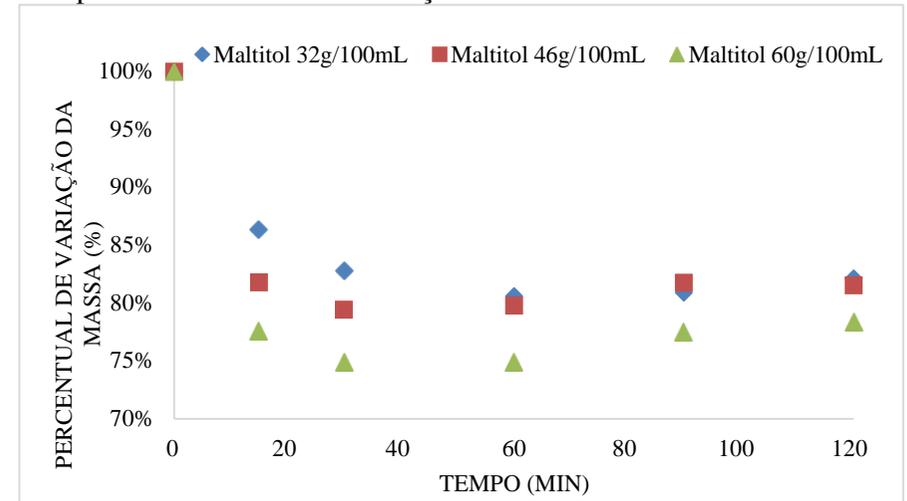
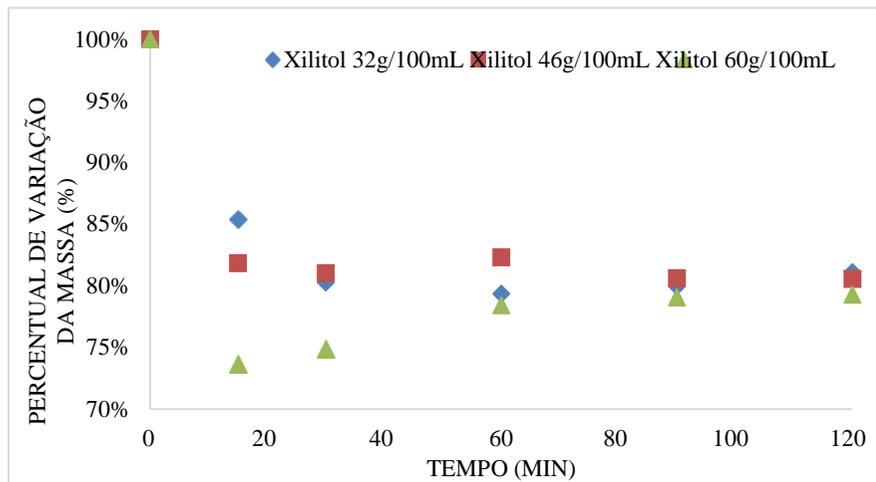


Figura 8 – Variação de massa de batata yacon em função do tempo em diferentes concentrações de xilitol.



Para a variação de massa do sorbitol em diferentes concentrações, observada na Figura 7, verificou-se que a concentração de 60g/100mL foi a que obteve uma maior variação quando relacionada às demais. A partir dos 60 minutos, para cada concentração praticamente não houve diferença significativa, havendo uma pequena elevação dessa variação devido uma possível incorporação de sólidos.

Soluções osmóticas em elevadas concentrações promovem maiores taxas de transferência de massa. Arballo et al. (2002) observaram esse efeito significativo no aumento da concentração em relação ao ganho de sólidos e perda de água quando realizado a desidratação osmótica com sacarose comercial em abóboras, kiwi e peras.

A redução de massa durante a desidratação osmótica está relacionada com a diferença entre a perda de umidade e a incorporação de sólidos. Sendo que a concentração da solução osmótica apresenta um efeito positivo na diminuição devido à elevação da pressão osmótica (LIMA, 2012).

Na Figura 8, pode-se observar que a solução osmótica de xilitol mais concentrada também teve maior variação de massa, sendo mais efetiva até o tempo de 15 minutos e partir disto, houve um aumento do seu percentual, sendo que após se manteve constante. A partir de 90 minutos, todas as concentrações obtiveram o mesmo comportamento, observando-se o equilíbrio em percentuais de variação de massa semelhantes (aproximadamente 80%), podendo indicar que a desidratação pode ser finalizada em menor tempo.

Na maioria dos casos, as taxas de remoção de água e incorporação de sólidos são mais acentuadas na fase inicial do processo, pois acontece maior transferência de massa entre o alimento e a solução hipertônica (LENART, 1996).

A variação de massa para as diferentes concentrações de maltitol é encontrada na Figura 9, no qual até 30 minutos houve uma grande diminuição de seu percentual e acima desse tempo uma elevação para todas as concentrações.

O preparo da solução osmótica de maltitol 60g/100mL foi a que obteve maior grau de dificuldade para a dissolução do soluto em água, pois 60% (60g de maltitol em 100mL de água) é o seu ponto de saturação, quando o mesmo se encontra na temperatura de 25°C.

A concentração da solução osmótica é um fator de alta importância no processo de desidratação, possuindo grande influência na difusão do soluto no produto e nas mudanças que acontecem no valor nutritivo e propriedades sensoriais do alimento. Através do aumento da concentração da solução osmótica a transferência de massa é favorecida, devido a grandes soluções concentradas próximas à saturação provocarem maior perda de água do produto e

diminuírem as perdas de vitaminas e sais minerais (solutos hidrossolúveis). Isso acontece, pois, a formação da camada de soluto ao redor da fruta impede a saída dessas substâncias (RASTOGI et al., 2002). Entretanto, um ganho de sólidos em grande quantidade pode alterar nutricionalmente e sensorialmente o alimento (FERRARI, 2009).

A Tabela 4 apresenta os valores da perda de umidade, para todos os edulcorantes nas concentrações de 32g/100mL, 46g/100mL e 60g/100mL, sendo calculados a partir da Equação 1 para o tempo de 120 minutos.

**Tabela 4** - Perda de umidade (%) das soluções osmóticas.

Edulcorante	Concentração		
	32g/100mL	46g/100mL	60g/100mL
Sorbitol	26,04 ± 1,20 <sup>bA</sup>	29,66 ± 1,43 <sup>aA</sup>	31,51 ± 0,96 <sup>aA</sup>
Xilitol	21,28 ± 0,66 <sup>bB</sup>	27,70 ± 2,36 <sup>aA</sup>	30,39 ± 1,19 <sup>aA</sup>
Maltitol	20,94 ± 1,76 <sup>bB</sup>	27,20 ± 4,01 <sup>abA</sup>	30,56 ± 3,32 <sup>aA</sup>

Resultados expressos com média ± desvio padrão (n = 3), onde n = número de repetições. Letras minúsculas na mesma linha representam a comparação da concentração e letras maiúsculas na mesma coluna, a comparação entre edulcorantes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Avaliando-se os valores da perda de água para todos os edulcorantes nas suas diferentes concentrações (no sentido da linha), observa-se que a perda de umidade foi menor para a amostra com concentração de 32g/100mL de edulcorante. Por outro lado, as amostras com concentração de 46g/100mL e 60g/100mL praticamente não diferiram estatisticamente entre si. Isso indica a princípio, que se fosse levado em consideração apenas a perda de umidade, poderia se utilizar tanto a concentração de 46g/100mL com a de 60g/100mL, obtendo-se os mesmos resultados. Assim, tecnicamente, seria mais vantajoso utilizar a concentração de 46g/100mL, em termos de custos. A intensificação da saída de água da batata nas concentrações de 46g/100mL e 60g/100mL foi devido à elevação do gradiente de pressão osmótica entre a solução de edulcorante e as amostras (ARBALLO et al., 2012).

Outro fato que explica que estatisticamente as amostras de concentração de 46g/100mL e 60g/100mL serem semelhantes, pode ser devido ao seu desvio padrão é alto, podendo variar ± 4,01% de perda de umidade.

Sritongtae, Mahawanich e Duangmal (2011), ao realizarem desidratação osmótica em melão com o emprego de sorbitol e verificaram que os parâmetros de perda de água e ganho de sólidos aumentaram com a concentração de sorbitol (182g/gmol) na solução, mas quando comparado com soluções de sacarose (342,29g/mol) a perda de umidade foi menor e o ganho de sólidos maior, devido ao tamanho das moléculas.

A taxa de perda de umidade das amostras foi impulsionada pelo gradiente de potencial químico entre a batata e a solução. Quanto maior o gradiente de potencial químico maior será a perda de umidade. A cinética de desidratação depende principalmente da atividade de água da solução osmótica. Uma elevada diferença entre as atividades de água da amostra e a solução promove uma maior transferência de massa durante a desidratação osmótica (GALMARINI et al., 2008; ALLALI et al., 2010).

Quando se compara as diferenças da perda de umidade entre os diferentes edulcorantes (comparação na coluna) observa-se que as concentrações de 46/100mL e 60g/100mL apresentam a mesma performance, ou seja, a perda de umidade foi independente do tipo de edulcorante utilizado, ficando a exceção apenas para a amostra de sorbitol, quando comparado aos demais na concentração de 32g/100mL.

Mendonça (2014), ao realizar a desidratação osmótica de batata yacon em concentrações de 40 °Brix, verificou que a perda de umidade foi mais pronunciada nas amostras tratadas com soluções de sorbitol ( $66,95 \pm 1,08\%$ ), eritritol ( $62,43 \pm 1,96\%$ ) e xilitol ( $61,94 \pm 1,88\%$ ) e menor nas amostras tratadas com soluções de isomalte ( $53,25 \pm 2,67\%$ ) e maltitol ( $50,29 \pm 4,01\%$ ). A mesma relação foi observada por Ferrari e Hubinger (2008) na desidratação osmótica de melão em soluções de maltose e sacarose.

Giraldo et al., (2003), em estudos de desidratação osmótica com manga, explicaram que o choque osmótico ocasionado por soluções muito concentradas resultou na rápida perda de água pelas células externas e a um consequente colapso na estrutura do produto. Estas células formaram uma camada rígida em volta dos pedaços da fruta servindo como uma barreira de proteção contra a entrada de sólidos para o interior das amostras.

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos para a perda de massa de batata yacon, quando utilizado soluções osmóticas de sorbitol, xilitol e maltitol nas concentrações de 32g/100mL, 46g/100mL e 60g/100mL.

**Tabela 5** - Perda de massa (%) das soluções osmóticas.

Edulcorante	Concentração		
	32g/100mL	46g/100mL	60g/100mL
Sorbitol	22,66 ± 1,28 <sup>aA</sup>	22,94 ± 1,30 <sup>aA</sup>	19,34 ± 1,82 <sup>aA</sup>
Xilitol	18,89 ± 1,40 <sup>aB</sup>	19,45 ± 2,74 <sup>aA</sup>	20,73 ± 1,05 <sup>aA</sup>
Maltitol	17,87 ± 1,40 <sup>aB</sup>	18,45 ± 4,09 <sup>aA</sup>	21,62 ± 3,21 <sup>aA</sup>

Resultados expressos com média ± desvio padrão (n = 3), onde n = número de repetições. Letras minúsculas na mesma linha representam a comparação da concentração e letras maiúsculas na mesma coluna, a comparação entre edulcorantes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Em relação à perda de massa da batata yacon, para todos os edulcorantes utilizados, não houve diferença significativa entre as concentrações utilizadas (comparação na mesma linha). Entretanto, quando se observa a perda de massa na concentração de 32g/100mL, o sorbitol foi o edulcorante que apresentou o maior valor. Seguindo a mesma tendência dos resultados para a perda de umidade. Observa-se também que não há diferenças na perda de massa entre os edulcorantes nas concentrações de 46g/100mL e 60g/100mL.

Almeida et al. (2005), observaram que a redução de massa durante a desidratação osmótica de manga Tommy Atkins, foi maior com o aumento da concentração e que maiores valores de redução de massa foram obtidos com a concentração de 58% e temperaturas entre 48 e 50°C independente do tempo do experimento.

Martim et al. (2007), também verificaram uma maior perda de massa utilizando a solução de sorbitol, quando comparado com sacarose e estévia. Outros autores observaram para a redução de massa ao final da desidratação de aproximadamente 20% para o tratamento com sacarose, 24% para a solução de sorbitol e 0,1% para a estévia, podendo assim ser explicado o potencial osmótico do sorbitol.

Pode-se concluir que os edulcorantes que obtiveram valores de variação de massa maiores eram os que tiveram maior perda de umidade, podendo ser considerado o sorbitol. Queiroz et al. (2010) relataram o mesmo efeito. Silva (2007), ao realizar a desidratação em acerolas, verificou que o comportamento da redução de massa tende a ser proporcional à retirada de água.

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para a incorporação de sólidos na batata yacon, quando utilizado soluções osmóticas de sorbitol, xilitol e maltitol nas concentrações de 32g/100mL, 46g/100mL e 60g/100mL.

**Tabela 6** - Incorporação de sólidos (%) das soluções osmóticas.

Edulcorante	Concentração		
	32g/100mL	46g/100mL	60g/100mL
Sorbitol	3,38 ± 1,24 <sup>ba</sup>	6,72 ± 0,68 <sup>ba</sup>	12,18 ± 2,73 <sup>aa</sup>
Xilitol	2,40 ± 1,01 <sup>ba</sup>	8,25 ± 0,52 <sup>aa</sup>	9,66 ± 0,40 <sup>aa</sup>
Maltitol	3,07 ± 0,94 <sup>ba</sup>	8,75 ± 1,24 <sup>aa</sup>	8,94 ± 1,33 <sup>aa</sup>

Resultados expressos com média ± desvio padrão (n = 3), onde n = número de repetições. Letras minúsculas na mesma linha representam a comparação da concentração e letras maiúsculas na mesma coluna, a comparação entre edulcorantes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Avaliando-se a Tabela 6, percebe-se que para os edulcorantes xilitol e maltitol a incorporação de sólidos foi maior nas amostras de 46g/100mL e 60g/100mL, quando comparadas com as amostras de 32g/100mL. Para o edulcorante sorbitol, a incorporação de sólidos foi maior na concentração de 60g/100mL. Também, observa-se que a incorporação de sólidos foi independente do edulcorante utilizado (avaliação nas colunas).

A massa molecular do agente osmótico está relacionada com a incorporação de sólidos no produto a ser desidratado. Edulcorantes com baixo peso molecular acarretam maiores níveis de impregnação de sólidos na matriz do produto. No entanto, a entrada desses solutos diminui o gradiente de pressão osmótico entre o alimento e a solução, minimizando o fluxo de perda de água. Além disso, solutos de grande massa molecular são facilmente bloqueados na superfície do produto, aumentando a concentração osmótica nessa região obtendo uma desidratação mais intensa. Isto também pode ser interpretado em razão da difusividade do soluto na batata, pois maiores difusividades ocasionam maiores ganhos de sólidos e menores índices de desidratação (CHAUHAN et al., 2011).

Segundo Corrêa et al. (2010), quanto menor o ganho de sólidos, melhor a preservação das características originais do alimento. Portanto, na desidratação osmótica a minimização da incorporação de sólidos é altamente desejável. Logo, o uso de soluções de sorbitol tem uma desvantagem na conservação de alimentos, pois o mesmo causa grande incorporação de sólidos.

Para a melhor visualização dos dados obtidos, nas Figuras de 10 a 12 apresentam a relação entre as concentrações e os edulcorantes para a perda de umidade, perda de massa e incorporação de sólidos.

Figura 10 – Perda de Umidade de cada edulcorante em concentrações diferentes.

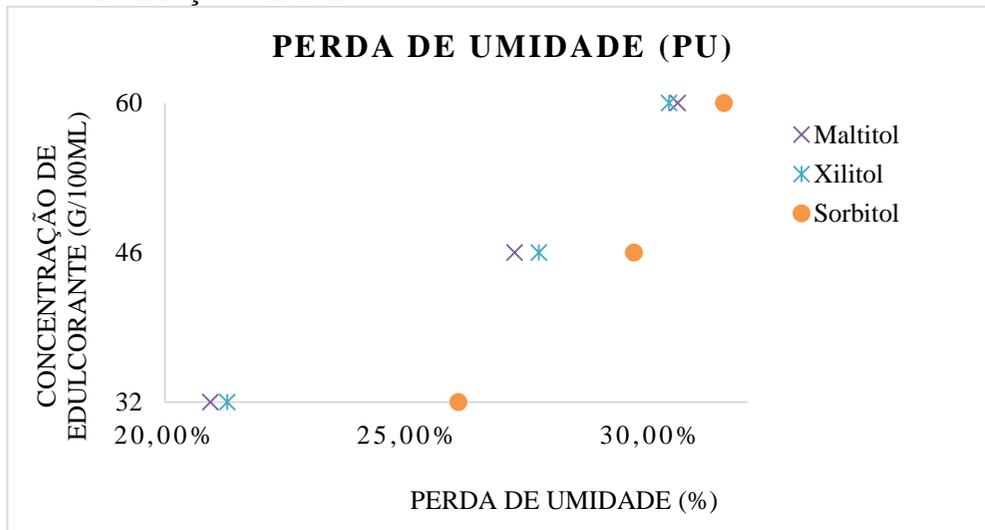


Figura 12 – Incorporação de sólidos de cada edulcorante em concentrações diferentes.

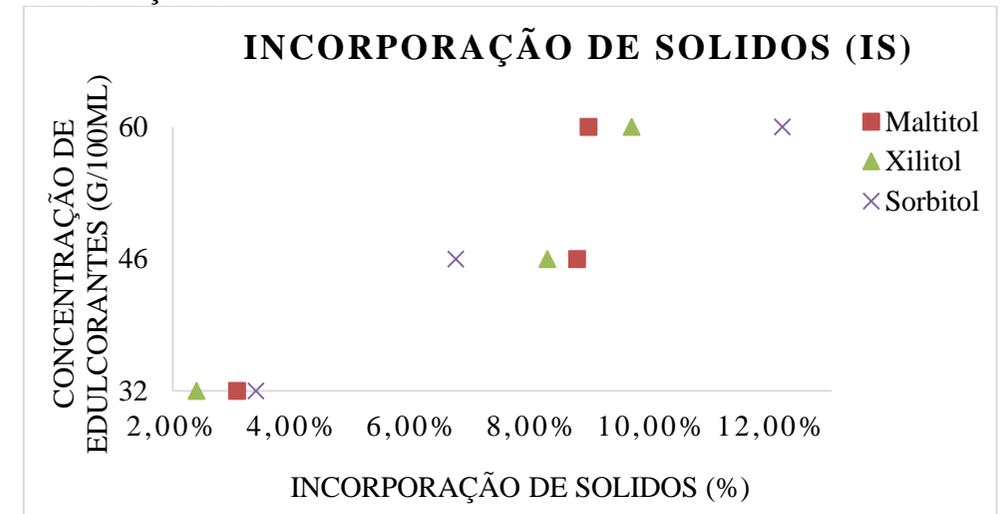
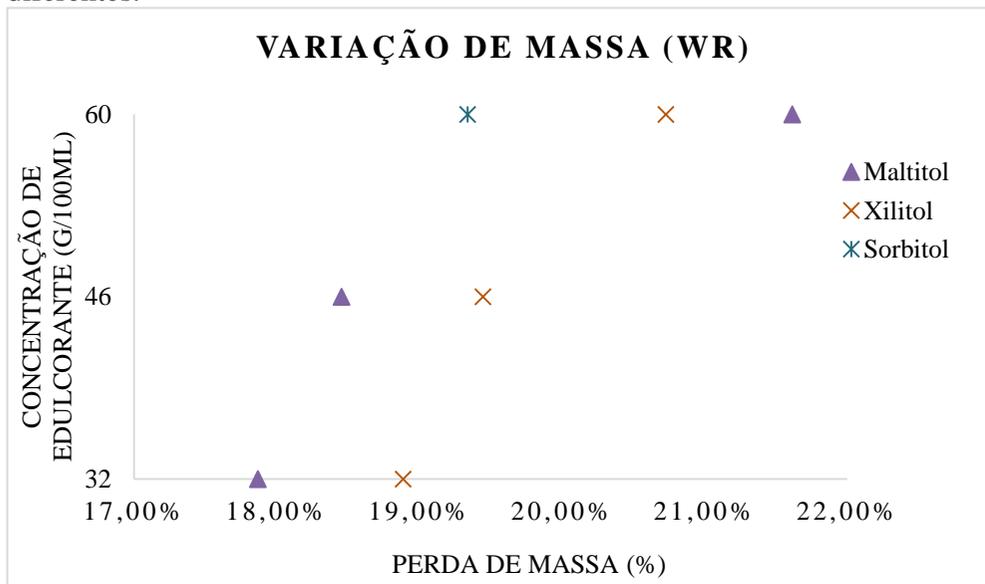


Figura 11 – Perda de Massa de cada edulcorante em concentrações diferentes.



A qualidade dos produtos desidratados osmoticamente, leva em consideração à remoção de água e a incorporação de sólidos, em que a perda de umidade ( $\omega$ ) é o maior fator de interesse e a incorporação de sólidos ( $\delta$ ) é o indicativo de desempenho, uma vez que essa incorporação não seja excessiva no produto para garantir as características da fruta *in natura* (Costa et al., 2010). Alves (2003) e Silva (2007) para avaliar esta condição, utilizaram o adimensional  $\delta/\omega$ , em que menores valores desta razão indicam a maior perda de umidade, com a menor incorporação de sólidos.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de perda de umidade ( $\omega$ ), incorporação de sólidos ( $\delta$ ) e da relação  $\delta/\omega$ , dos tratamentos realizados com sorbitol, xilitol e maltitol nas concentrações de 32g/100mL, 46g/100mL e 60g/100mL.

**Tabela 7** - Perda de umidade ( $\omega$ ), ganho de sólidos ( $\delta$ ) e relação  $\delta/\omega$ , após 120 minutos de desidratação osmótica utilizando diferentes concentrações e edulcorantes.

Concentração	Edulcorante	$\omega$ (%)	$\delta$ (%)	$\delta/\omega$
32 g/100mL	Sorbitol	26,04	3,38	0,13
	Xilitol	21,28	2,40	0,11
	Maltitol	20,94	3,07	0,15
46 g/100mL	Sorbitol	29,66	6,72	0,23
	Xilitol	27,70	8,25	0,30
	Maltitol	27,20	8,75	0,32
60 g/100mL	Sorbitol	31,51	12,18	0,39
	Xilitol	30,39	9,66	0,32
	Maltitol	30,56	8,94	0,29

Através dos dados encontrados na Tabela 7 e levando em consideração as observações anteriores, o melhor tratamento para a desidratação osmótica seria a solução de xilitol a 32g/100mL, no qual obteve um valor de 0,11 para a relação de  $\delta/\omega$ . No entanto, já verificou-se estatisticamente que a concentração de 32g/100mL era a que promovia a menor perda de umidade. Por outro lado, também se avaliou que a maior perda de umidade se deu nas amostras de 46g/100mL e 60g/100mL. Nessas concentrações a relação  $\delta/\omega$  foi menor para o sorbitol, sendo o valor de 0,23. Levando-se em consideração a relação de perda de umidade e ganho de sólidos apresentados na Tabela 7 e fazendo-se uma correlação com os demais valores já apresentados, pode-se indicar que o edulcorante sorbitol na concentração de 46g/100mL, poderia ser o escolhido para a desidratação osmótica da batata yacon.

Lima (2012), em um estudo de desidratação osmótica com melão em soluções de sacarose e sorbitol, verificou resultados semelhantes aos obtidos, pois teve a relação de 0,12 para o tratamento com de sorbitol a 70 °Brix, a 40 °C, por 4 h e agitação de 60 rpm.

## 5 CONCLUSÕES

Em relação a perda de massa, os edulcorantes utilizados não apresentaram diferença significativa entre concentrações utilizadas. Também não houve diferença significativa entre os edulcorantes na perda de massa para as concentrações de 46g/100mL e 60g/100mL.

Avaliando-se os valores da perda de umidade para todos os edulcorantes nas suas diferentes concentrações, verificou-se que a perda de umidade foi menor para a amostra com concentração de 32g/100mL de edulcorante. Já as amostras com concentração de 46g/100mL e 60g/100mL praticamente não diferiram estatisticamente.

Para a incorporação de sólidos, de todos os edulcorantes utilizados, as concentrações de 46g/100mL e 60g/mL foram as que apresentaram a maiores percentuais e não diferiram entre si. Observou-se também que a incorporação de sólidos não foi dependente do tipo de edulcorante.

Através da relação  $\delta/\omega$  pode-se concluir que a desidratação osmótica realizada com solução de sorbitol a 46g/100mL, pode ser indicada para testes futuros.

## 6 REFERÊNCIAS

AGUILERA, José Miguel; STANLEY, David W. **Microstructural Principles of Food Processing and Engineering**. 2 ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen, 1999. 432 p.

ALLALI, H., MARCHAL, L. and VOROBIEV, E. Blanching of Strawberry by Ohmic Heating: Effects on the Kinetics of Mass Transfer during Osmotic Dehydration. *Food Bioprocess Technology*, 3 (3), p. 406-414. Available at: DOI: 10.1007/s11947-008-0115-5, 2010.

ALMEIDA, F. C. A., RIBEIRO, C. F. A., TOBINAGA, S., GOMES, J. P. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n. 4, p. 576-584, 2005.

Alves, D. G. Obtenção de acerola (*Malpighia punicifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 186p, 2003.

ANDRADE, S. A. C., NETO, B. B., NÓBREGA, A. C., AZOUBEL, P. M., GUERRA, N. B. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). **Journal of Food Engineering**, v.78, n.1, p. 551-555, 2007.

AYBAR, M. J. et al. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, issue 2, p. 125-132, 2001.

BARREIROS, C.R. Adoçantes Nutritivos e Não-Nutritivos. **Rev. Fac. Ciênc. Méd**, v, 14, n. 1, p.5-7, Sorocaba, 2012.

BRASIL, F. I. Dossiê edulcorantes. **www.revista-fi.com**, p. 13, 2013.

CABELLO, Cláudio. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 202-207, 2005.

CASTILLO ALFARO, M.E.; VIDAL MELGAREJO, S.A. **El yacón: una nueva alternativa en la prevención y el tratamiento de la salud**. 2005.

CHAUHAN, O. P. et al. Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 14, n. 5, p. 1035-1048, 2011.

CORRÊA, J.L.G. et al. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. **Journal of Food Engineering**, 96(4), pp.498– 504, 2010.

COSTA, R. A., Souza, C. A., Souza, M. S. S., Nunes, T. P., Chaves, A. C. S. D., Oliveira Júnior, A. M. Desidratação osmótica da jaca seguida de secagem convectiva. Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Química, p. 4345-4354, 2010.

DALLA ROSA, M., GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engineering**, v.49, p. 223-236, 2001.

DIONELLO, R. G., BERBERT, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A., CARLESSO, V. O., QUEIROZ, V. A. Desidratação por imersão - impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.27, n.4, p. 701-709, 2007.

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.

GALMARINI, M.V., CHIRIFE, J., ZAMORA, M. C. and PÉREZ, A. Determination and correlation of the water activity of unsaturated, supersaturated and saturated trehalose solutions. **LWT – Food Science and Technology**, 41 (4), p. 628-631. Available at: DOI: 10.1016/j.lwt.2007.04.007, 2008.

GENTA, S. et al. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*, v.28, p.182-187, 2009.

GIRALDO, G., TALENS, P., FITO, P., CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, n.58, p.33-43, 2003.

GOMES et al. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciênc.Tecnol.Aliment**, v. 27, n. 3, p. 614-623, Campinas, jul-set, 2007.

GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, Lima, v.86, p.157-165, 2004.

LACHMAN, J.; FERNÁNDEZ, E. C.; ORSÁK, M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. Et Endl) H. Robinson] chemical composition and use – a review. **Plant and Soil Environment**. V. 49 (6), p. 283-290, 2003.

LAZARIDES, H.N., GEKAS, V. MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. **Journal of Food Engineering**, n.31, p.315-324, 1997.

LENART, A.; LEWICKI, P. P. Osmotic dehydration of apples at high temperature. In: MUJUMDAR, A. S.; ROQUES, M. **Drying '89**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1990. cap. 10, p. 501-508.

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.

LUPETTI, K.O. et al. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. **Química Nova**, São Carlos, v. 28, n. 3, p. 548-554, 2005.

MAYOR, L.; MOREIRA, R.; SERENO, A. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) fruits. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.103, n.1, p. 29-37, Mar. 2011.

MAIA, M. C. A. et al. Avaliação do consumidor sobre sorvetes com xilitol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 341–347, 2008.

MANRIQUE, I. et al. Yacon syrup: principles and processing, Series: Conservación y uso de labiodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993- 2003). No . 8B. Lima, Peru: International Potato Center, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Erbacher Foundation, Swiss Agency for Development and Cooperation., 2005. 31p.

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.

MEDEIROS, C. D.; CAVALCANTE, J. A.; ALSINA, O. L. Estudo da desidratação osmótica da fruta de palma (figo da índia). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, p.153-162, 2006.

MENDONÇA, K. S. DE. **Otimização Da Desidratação Osmótica De Yacon Assistida Por Ultrassom**. LAVRAS - MG: Universidade Federal de Lavras, 2014.

MOURA, C. P. **Aplicação de redes neurais 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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Lost crop of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation (1989). Acesso em: 13 out. 2018. Disponível em: <http://www.nap.edu/openbook/030904264X/html/115.html>.

NRC, 1989. Nutrient requirements of horses. National Research Council. Subcommittee on Horse Nutrition, National Academies, USA.

OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.7, n.2, p.215-220, 2004.

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**, v. 22, p. 40-46, 2011.

KOTOVICZ, V. Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*polymnia sanchifolia*). Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba, 2011.

PARK, K. J., BIN, A., BROD, F. P. R., PARK, T. H. K. B. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Engineering**, v.52, p. 293-298, 2002.

PEREIRA, A. F. F. Revisão de Literatura: Utilização do Xilitol para a Prevenção de Otite Média Aguda Literature Review: Use of Xylitol for Prevention of Acute Otitis Media. **Biologia**, p. 87–92, 2009.

QUEIROZ, V. A. V., BERBERT P. A., MOLINA M. A. B., GRAVINA G. A., QUEIROZ L. R. Mecanismos de transferência de massa na desidratação osmótica de goiaba em soluções de sacarose, sucralose e açúcar invertido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 715-725, 2010.

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 & Technology**, v.13, p. 48-59, 2002.

RUIZ-LÓPEZ, I. I.; RUIZ-ESPINOSA, H.; HERMAN-LARA, E.; ZÁRATE-CASTILLO, G. Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydration carambola (*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions. **Journal of Food Engineering**, v.104, p.218-226, 2011.

SACRAMENTO, M. DA S.; SILVA, P. S. R. C. DA; TAVARES, M. I. B. Batata yacon - alimento funcional. **Revista Semioses**, v. 11, n. 3, p. 43–48, 2017.

SANTANA, I.; CARDOSO, M. H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 898–905, 2008.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003. 60p. Acesso em 13 out. 2018. Disponível em: [http://www.cipotato.org/g/market/PDFdocs/Yacon\\_Fundamentos\\_password.pdf](http://www.cipotato.org/g/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf).

SILVA, M. A. C. Análise inversa em problema de difusão transiente em acerola (*Malpighia punicifolia*): Estimção de difusividade mássica efetiva. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 88p, 2007.

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, Aline F. de; LEÃO, Marcelo F. **Análise dos métodos mais eficientes na inibição do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 117. 2012.

TOREZAN, G. A. P. **Desenvolvimento do processo combinado de desidratação osmótica-fritura para obtenção de chips de manga**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, Czech Republic, v.147, n.2, p.119-130, 2003.

VASCONCELOS, J. I. L. A. Desidratação osmótica de Figo da Índia (*Opuntia fícus indica*). Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal rural de Pernambuco, 76p, 2010.

VILHENA, S.M.C.; CÂMARA, F.L.A; KAKIHARA, S.T. O cultivo de yacon no Brasil. **Hortic. Bras.** 18, 5-8, 2000.

VIGGIANO, E. C. O produto dietético no Brasil e sua importância para indivíduos diabéticos. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v.1, n.1, jan-jun, 2003.

## ANEXO I

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BATATA YACON UTILIZANDO DIFERENTES EDULCORANTES**D. M. SANTOS<sup>1</sup>, L. DLUGOKENSKI<sup>1</sup>, E. QUAST<sup>1</sup>, L. B. QUAST<sup>1</sup><sup>1</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul, Engenharia de AlimentosE-mail para contato: [danimarcheseli@yahoo.com.br](mailto:danimarcheseli@yahoo.com.br)

RESUMO – A batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é um tubérculo com propriedades funcionais devido a sua ação probiótica e por conter carboidratos de reserva como os frutooligossacarídeos (FOS). Devido ao seu alto conteúdo de umidade, aproximadamente 90%, o yacon pode sofrer degradações tendo a sua vida útil de aproximadamente sete dias em condições não refrigeradas. Para preservar as suas propriedades e maior tempo de consumo pode-se realizar a desidratação osmótica, como pré-tratamento de secagem. Realizou-se a desidratação osmótica durante um período de 120 minutos utilizando os edulcorantes sorbitol, xilitol e maltitol à 50% de sua saturação em 25°C. Verificou-se que houve um aumento da perda de massa até o tempo de 60 minutos e a partir deste, manteve-se constante. O edulcorante com maior grau de saturação (sorbitol) apresentou melhor incorporação de sólidos. Por outro lado, o edulcorante xilitol, de saturação intermediária, proporcionou maior perda de água.

Palavras-chave: *Smallanthus sonchifolius*, perda de umidade, incorporação de sólidos, perda de massa.

**1. INTRODUÇÃO**

A preocupação das pessoas com a saúde tem levado ao interesse por alimentos funcionais que contribuem no tratamento e prevenção de doenças. Em resposta à esta demanda, a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) se enquadra nessas especificações por possuir propriedades benéficas devido sua ação prebiótica e limitadora do índice glicêmico, e por conter carboidratos de reserva como os frutooligossacarídeos (FOS) (MENDONÇA, 2014).

Dentre alguns benefícios do consumo da batata yacon está a melhora do funcionamento da flora intestinal, retenção de baixo valor energético, controle glicêmico, prevenção de câncer do trato gastrointestinal, melhora da imunidade, redução da pressão arterial e redução do nível de colesterol (SACRAMENTO; SILVA; TAVARES, 2017).

A raiz deste tubérculo possui cerca de 90% de umidade, tornando-a susceptível a uma rápida degradação e vida de prateleira de 7 dias em condições ambientes (MOURA, 2004). Graefe (2004), verificou que para aproveitar a raiz tuberosa com alta funcionalidade é necessário o consumo imediato da mesma após a sua colheita, devido a concentração de probióticos diminuírem com o passar do tempo de armazenamento. Assim, uma maneira de aumentar o tempo útil da batata é através da secagem ou desidratação.

A desidratação osmótica é um processo no qual uma fração de água é removida dos alimentos por imersão em soluções aquosas concentradas. Nesta transferência acontece incorporação de sólidos ocasionando a diminuição da atividade de água e velocidade de

deterioração do alimento (MARTIM et al., 2007; RUIZ-LÓPEZ et al., 2011). Este método possui vantagem em diminuir o teor de umidade do alimento, preservar as propriedades sensoriais e nutricionais e diminuir o tempo de secagem e custo do processo (MEDEIROS et al., 2006).

Os agentes osmóticos mais utilizados na desidratação são sais e açúcares (MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011). Já dentre os edulcorantes mais empregados encontram-se o sorbitol, xilitol, frutose, trealose e maltose. Os mesmos contêm baixo peso molecular e sua impregnação no alimento não acarreta elevação do valor calórico e índice glicêmico, sendo indicados para o consumo por diabéticos e pessoas acima do peso (MENDONÇA, 2014; CHAUHAN et al., 2011).

O objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização da batata yacon e promover a desidratação osmótica utilizando sorbitol, xilitol e maltitol, todos na sua concentração de saturação em 50%.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Material

As batatas yacon utilizadas para os experimentos foram doadas pelo Sr. Luciano Tormen do município de Laranjeiras do Sul - PR. As mesmas foram estocadas em refrigerador a 5°C, devidamente embaladas até o momento das análises. Para a seleção da matéria-prima foi levado em consideração a sua integridade física e ausência de rachaduras. Como agentes osmóticos foram utilizados sorbitol, xilitol e maltitol.

### 2.2. Metodologia

#### Caracterização Físico-química da Batata Yacon

A batata yacon *in natura* foi caracterizada de acordo com as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Entre as análises realizadas destacam-se a determinação de umidade pelo método convencional de estufa a 105°C, proteína pelo método Kjeldahl, cinzas por gravimetria em mufla à 550°C até peso constante, atividade de água pelo analisador de atividade de água (Labmaster Tecnal), sólidos solúveis por refratômetro (Biobrix) e pH por pHmetro (Hanna instruments).

#### Desidratação osmótica

Inicialmente as batatas foram higienizadas com água corrente e realizou-se o descascamento manual. O fatiamento foi quadricular com espessura fixa de 2x2 cm. Para a inativação enzimática realizou-se o branqueamento químico das batatas em solução aquosa de 2% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico em temperatura ambiente de 25°C por 5 minutos.

Para a desidratação osmótica, foram transferidas 75 g de yacon para um béquer de 500 mL e adicionadas 100 mL das soluções osmóticas com 50% de saturação (35g de sorbitol, 32g de xilitol e 30g de maltitol) à 25°C durante 15 minutos. Após decorrido este tempo, as batatas foram retiradas das soluções, enxaguadas com água e após a retirada do excesso de água, as amostras tiveram sua massa aferida através de balança analítica. As batatas retornaram novamente nas soluções osmóticas, sendo realizado o monitoramento da massa em intervalos de 30, 60, 90, e 120 minutos. Para cada solução de

edulcorante, os testes foram feitos em triplicata. Após esta etapa, as batatas foram secas em estufa convectiva à 105°C durante 48 horas para obtenção da massa seca. Para cada ensaio foram determinadas as seguintes respostas de interesse:

$$\text{Perda de umidade (PU):} \quad \frac{(m_i - m_f) - (U_i - U_f) \cdot m_f}{m_i} (\%) = \frac{m_i - m_f - (U_i - U_f) \cdot m_f}{m_i} \quad (1)$$

$$\text{Perda de massa (WR):} \quad \frac{m_i - m_f}{m_i} (\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \quad (2)$$

$$\text{Incorporação de sólidos (IS):} \quad \frac{(STf - STi) - (U_f - U_i) \cdot m_f}{m_i} (\%) = \frac{STf - STi - (U_f - U_i) \cdot m_f}{m_i} \quad (3)$$

Sendo: PU = perda de umidade;  $m_i$  = massa inicial;  $m_f$  = massa final;  $U_i$  = teor inicial de umidade (%);  $U_f$  = teor final de umidade (%); WR = perda de massa; IS = incorporação de sólidos;  $ST_i$  = teor inicial de sólidos totais (%);  $ST_f$  = teor final de sólidos totais (%) (AZEREDO, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização Físico-química da batata yacon

Os valores obtidos experimentalmente para a composição físico-química das batatas yacon in natura, estão apresentados na Tabela 1. Para fins comparativos, também são apresentados valores obtidos em literatura.

Tabela 1 - Caracterização Físico-química da batata yacon *in natura*

Análise	Valores média (±DP)	Kotovicz 2011	Ojansivu et al. 2011	Moura 2004
Umidade (%)	90,92 (±0,11)	88,68 (±1,02)	69,5 - 93	90,63
Proteína (%)	2,08 (±0,89)	0,26 (±0,12)	0,1 - 4,9	0,33
Lipídios (%)	n.d	n.d	0,1 - 1,5	n.d
Cinzas (%)	0,89 (±0,20)	n.d	0,26 - 6,0	n.d
Atividade de água	0,95 (±0,00)	n.d	n.d	n.d
PH	6,25 (±0,05)	6,47 (±0,13)	n.d	4,8
Sólidos solúveis (°Brix)	13,97 (±0,06)	12,16 (±2,38)	n.d	9,5

Nota: DP = desvio padrão; nd = não determinado.

Fonte: o autor (2018).

A batata yacon, possui alto teor de umidade sendo encontrado nesta pesquisa o valor de 90,92%, sendo compatível com os valores encontrados pelos demais autores. Esse alto valor de umidade está relacionado com as características intrínsecas do produto, justificando a sua rápida deterioração nas condições ambientes, o que é confirmado pela sua elevada atividade de água. Com relação ao teor de proteínas e cinzas, verificou-se que a batata em estudo apresentou os valores de 2,08% e 0,89%. De acordo com Ojansivu, Ferreira & Salminen (2011), o teor de proteína presente nas batatas pode variar de 0,1 à 4,9% e o teor de cinzas de 0,26 a 6%. O teor de cinzas pode estar relacionado com a presença de minerais e vai depender das condições climáticas e local de cultivo. Assim, a caracterização físico-química da batata pode apresentar diferenças entre os valores encontrados por diferentes autores.

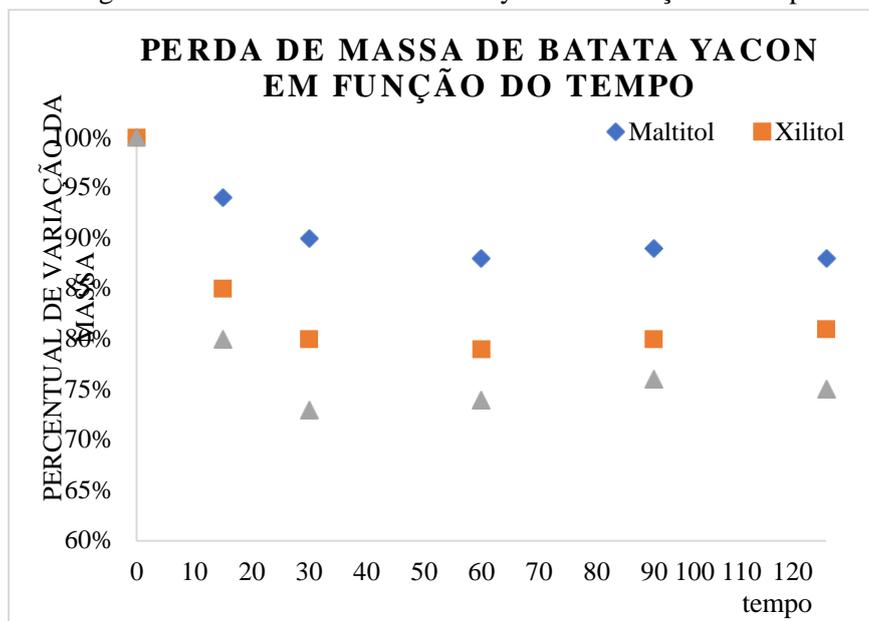
Tanto os valores de sólidos solúveis (13,97 °Brix), quanto o de pH (6,25), foram semelhantes

aos determinados por Kotovicz (2011), no qual encontrou 12,16 °Brix e pH de 6,47 em batatas yacon.

### 3.2. Desidratação osmótica

A perda de massa, em relação ao tempo para os diferentes edulcorantes está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Perda de massa de batata yacon em função do tempo.



A partir da Figura 1 é possível observar que houve uma diminuição da variação de perda de massa da batata no decorrer do tempo para todos os edulcorantes. Para desidratação osmótica seguida de 60 minutos a variação se manteve constante apresentando uma tendência ao equilíbrio nos demais intervalos. Este comportamento também foi verificado por Moura (2004), em seu estudo sobre a desidratação de yacon, utilizando sorbitol como agente osmótico, em temperaturas de 30 à 40°C e concentração de 60 à 68°Brix. A incorporação de sólidos tem tendência a aumentar com o decorrer do tempo de desidratação até se manter constante, assim, quanto menor o tempo deste tratamento menos alterações ocorrerão na estrutura do produto.

Dentre as soluções osmóticas de edulcorantes, a que obteve maior perda de massa em relação ao tempo foi a que continha sorbitol, seguido do maltitol e xilitol. Este fato pode ser justificado pelo seu valor de saturação (70%), que é maior dos demais edulcorantes (60% e 64% respectivamente). Como para a desidratação foi realizada à 50% de saturação de cada um, logo a quantidade de massa para cada solução foi proporcional ao seu grau de saturação (35, 30 e 32g), assim as batatas tratadas com solução osmótica de sorbitol tiveram maior perda de massa e conseqüentemente maior perda de umidade e incorporação de sólidos. Arballo et al. (2012), ao realizar a desidratação osmótica de aboboras, kiwi e peras com solução de sacarose comercial, constatou que soluções osmóticas altamente concentradas acarretaram em maiores taxas de transferência de massa e observou efeito significativo do aumento da concentração da solução osmótica sobre os parâmetros de perda de água e ganho de sólidos no processo.

A Tabela 2 apresenta os valores da perda de umidade, perda de massa e incorporação de sólidos calculados a partir das equações 1, 2 e 3 respectivamente para o tempo de 120 minutos.

Tabela 2 - Valores experimentais da perda de umidade, perda de massa e incorporação de sólidos obtidos através da desidratação com soluções osmóticas a 50% de saturação.

	<b>Maltitol</b>	<b>Xilitol</b>	<b>Sorbitol</b>
Perda de Umidade	23,9 ± 1,6 <sup>b</sup>	23,5 ± 0,7 <sup>b</sup>	29,7 ± 1,1 <sup>a</sup>
Perda de Massa	20,1 ± 0,7 <sup>b</sup>	18,9 ± 0,8 <sup>b</sup>	24,5 ± 0,8 <sup>a</sup>
Incorporação de sólidos	33,5 ± 4,5 <sup>a</sup>	25,7 ± 1,7 <sup>a</sup>	38,3 ± 4,1 <sup>a</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 3), n = número de repetições. Letras diferentes na mesma linha representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os tratamentos de batata yacon realizados com solução osmótica contendo sorbitol, foram os que obtiveram maior perda de umidade, perda de massa e incorporação de sólidos, apresentando diferença significativa entre o maltitol e xilitol quando comparados estatisticamente. Isto se deve ao fato do sorbitol apresentar maior grau de saturação, pois quanto maior a concentração de soluto, ou tempo de contato com o produto, maior o efeito da desidratação osmótica (PIROZI; ZAMBONI, 2006).

Lima (2012), ao desidratar osmoticamente melão em soluções de sacarose e de sorbitol, observou que as amostras pré-tratadas osmoticamente em soluções mais concentradas em ambas situações exibiram maior perda de água durante o processo osmótico. Kotovicz et al. (2013) ao desenvolver o mesmo procedimento com fatias de batata yacon com solução de frutose, observou um aumento da incorporação de sólidos. Essa interação pode ser atribuída ao gradiente de concentração entre a solução e o produto, proporcionando maiores concentrações do soluto, que promove alta taxa de difusão para o interior da amostra (MUNDADA et al., 2010). A transferência de massa no processo de desidratação osmótica também é influenciada pela temperatura de processo bem como a espessura do material.

Em relação a incorporação de sólidos, não houve diferença significativa entre os edulcorantes, sendo o xilitol o que obteve menor ganho de sólidos. Segundo Córdova (2006), uma grande incorporação de soluto na desidratação osmótica pode provocar modificações na composição e sabor do produto final, além de formar uma barreira na superfície do alimento, causando uma resistência a transferência de massa e dificultando os processos de secagem. Assim, a combinação de um alto valor de perda de água com uma baixa incorporação de sólidos são parâmetros ideais para um pré-tratamento osmótico.

## 4. CONCLUSÃO

A caracterização da batata yacon utilizada no presente estudo obteve resultados semelhantes aos encontrados na literatura. A desidratação osmótica com diferentes edulcorantes com mesmo grau de saturação foi efetiva até o tempo de 60 minutos na temperatura ambiente. Verificou-se que a melhor condição para a desidratação osmótica para perda de água foi obtida utilizando-se o edulcorante sorbitol à 50% de saturação no tempo de 60 minutos (29,7%), já no quesito de incorporação de sólidos o xilitol apresentou melhor desempenho obtendo (25,7%).

## 5. REFERÊNCIAS

- ARBALLO, J. R. et al. Mass transfer kinetics and regression-desirability optimisation during osmotic dehydration of pumpkin, kiwi and pear. *International Journal of Food Science & Technology*, Oxford, v. 47, n. 2, p. 306-314, Feb. 2012.
- AZEREDO, H.M.C.; JARDINE, J.G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de

- métodos combinados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n.1, abr. 2000.
- CHAUHAN, O. P. et al. Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. *International Journal of Food Properties*, Philadelphia, v. 14, n. 5, p. 1035-1048, 2011.
- CÓRDOVA, K.R.V. *Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã Fuji comercial e industrial*. (Dissertação de Mestrado – Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná), 167p, 2006.
- GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research*, Lima, v.86, p.157-165, 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.
- MAYOR, L.; MOREIRA, R.; SERENO, A. Srinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) fruits. *Journal of Food Engineering*, Essex, v.103, n.1, p. 29-37, Mar. 2011.
- 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.
- MEDEIROS, C. D.; CAVALCANTE, J. A.; ALSINA, O. L. Estudo da desidratação osmótica da fruta de palma (figo da índia). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.8, p.153-162, 2006.
- MENDONÇA, K. S. DE. *Otimização Da Desidratação Osmótica De Yacon Assistida Por Ultrassom*. LAVRAS - MG: Universidade Federal de Lavras, 2014.
- 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.
- MUNDADA, M., SINGH, B. & MASKE, S. Optimization of processing variables affecting the osmotic dehydration of pomegranate arils. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, pp.1732– 1738, 2010.
- PIROZI, I. P. D. M. R.; ZAMBONI, A. C. F. Q. C. D. D. P. J. C. Otimização da desidratação osmótica de inhame (*Colocasia esculenta*) para fritura. v. 24, p. 303–318, 2006.
- RÓZEK, A. et al. Grape phenolic impregnation by osmotic treatment: Influence of osmotic agent on mass transfer and product characteristics. *Journal of Food ...*, (94), pp.59–68, 2009.
- RUIZ-LÓPEZ, I. I.; RUIZ-ESPINOSA, H.; HERMAN-LARA, E.; ZÁRATE-CASTILLO, G. Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydration carambola (*Averrhoa carambola L.*) in sugar solutions. *Journal of Food Engineering*, v.104, p.218-226, 2011.
- SACRAMENTO, M. DA S.; SILVA, P. S. R. C. DA; TAVARES, M. I. B. Batata yacon - alimento funcional. *Revista Semioses*, v. 11, n. 3, p. 43–48, 2017.
- SRITONGTAE, B., MAHAWANICH, T. & DUANGMAL, K. Drying of osmosed cantaloupe: Effect of polyols on drying and water mobility. *Drying Technology*, 29, pp.527–535, 2011.

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*, v. 22, p. 40-46, 2011.

KOTOVICZ, V. Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*polymnia sanchifolia*). Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba, 2011.