

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/250389842>

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

Article in *BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY* · January 2010

DOI: 10.4260/BJFT2009800900023

CITATIONS

10

READS

326

5 authors, including:



Patrícia Prati

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

26 PUBLICATIONS 282 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Shirley Aparecida G. Berbari

Instituto de Tecnologia de Alimentos

1 PUBLICATION 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Maria Teresa Pacheco

Instituto de Tecnologia de Alimentos

119 PUBLICATIONS 1,579 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Marta Gomes da Silva

Instituto de Tecnologia de Alimentos

36 PUBLICATIONS 450 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS DE VÍSCERAS CAPRINAS [View project](#)

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

Stability of the functional components of yacon, guava and west indian cherry jam, with no added sugar

Autores | Authors

✉ Patricia PRATI

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA Regional/Pólo Centro Sul)
Av. Esplanada de Cristo, 325,
Novo Horizonte
CEP 13520-000
São Pedro/SP - Brasil
e-mail: pprati00@yahoo.com

Shirley Aparecida Garcia BERBARI

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Centro de Tecnologia de Frutas e Hortaliças (FRUTHOTEC)
e-mail: sberbari@ital.sp.gov.br

Maria Teresa Bertoldo PACHECO Marta Gomes da SILVA

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos
e-mail: mtb@ital.sp.gov.br
martags@ital.sp.gov.br

Nádia NACAZUME

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA)
e-mail: nadia88@fea.unicamp.br

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar a estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares, ao longo do armazenamento de 180 dias em temperatura ambiente. A formulação da geleia foi definida em 70% de mistura de polpas e 30% de aditivos. A mistura de polpas foi previamente aquecida, foram adicionados os demais elementos da formulação, sendo então concentrada até 35 °Brix, procedendo-se ao enchimento a quente, fechamento hermético, inversão das embalagens, resfriamento e armazenamento. Logo após o processamento (tempo 0), a geleia foi avaliada quanto a: umidade, sólidos totais, sólidos solúveis, acidez, pH, Aw, açúcares totais e redutores, fruto-oligossacarídeos (FOS), ácido ascórbico e licopeno; sensorialmente pelo teste de intenção de compra; e microbiologicamente pela esterilidade comercial. O produto final foi estocado em temperatura ambiente e analisado a cada 30 dias, quanto aos teores de FOS, ácido ascórbico e licopeno, além de ser submetido à análise da esterilidade comercial a cada 90 dias de estocagem. Os resultados foram submetidos à ANOVA, e ao pós-teste de Tukey para detectar as diferenças entre médias. De acordo com o teste sensorial 70% dos provadores indicaram que possivelmente e certamente comprariam a geleia. Microbiologicamente, a geleia manteve-se estável ao longo do armazenamento. Após o processamento, o produto final apresentou 0,52 g.100 g⁻¹ de FOS e 143 mg.100 g⁻¹ de ácido ascórbico que equivalem a perdas de 23,5 e 32,7%, respectivamente, em relação ao conteúdo inicial esperado, com base nas proporções das polpas utilizadas na formulação da geleia, devido às condições de temperatura e acidez utilizadas no processamento. Já, o licopeno teve um incremento de 7,4% após o processamento. No entanto, ao longo do armazenamento o produto manteve seus teores de licopeno e FOS, porém perdeu 42,7% de ácido ascórbico, em relação ao valor inicial (tempo 0). Portanto, conclui-se que a estabilidade dos componentes funcionais da geleia sem adição de açúcares foi comprometida pelo processamento térmico do produto e pelo armazenamento de 180 dias em temperatura ambiente e sob exposição da luz.

Palavras-chave: Frutoligo-ossacarídeos; Ácido ascórbico; Licopeno; Alimentos para fins especiais; Alimentos funcionais.

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 26/09/2009
Aprovado | Approved: 26/11/2009

■ Summary

The objective of this work was to evaluate stability of the functional components of a mixed yacon, guava and West Indian cherry jam with no added sugar, during a 180 day storage period at room temperature. The jam formulation was defined as 70% of the mixed pulps and 30% additives. The pulp mixture was previously heated, the other elements of the formulation added, and the mixture concentrated to 35 °Brix and subsequently hot filled, inverted, cooled and stored. Soon after processing (zero time), the jam was evaluated for: moisture, total solids, soluble solids, acidity, pH, A_w , total and reducing sugars, fructooligosaccharides (FOS), ascorbic acid and lycopene, plus the sensory quality according to purchase intention and microbiological quality according to commercial sterility. The final product was stored at room temperature and analyzed every 30 days for its FOS, ascorbic acid and lycopene contents, and every 90 days for commercial sterility. The results were evaluated statistically by ANOVA and differences between the means detected by the Tukey test. According to the sensory test, 70% of the panelists would possibly or certainly purchase the jam. Microbiologically, the final product remained stable throughout the storage period. After processing, the final products contained 0.52% FOS and 143 mg.100 g⁻¹ of ascorbic acid, representing losses of 23.5 and 32.7%, respectively, as compared to the expected initial contents based on the pulp proportions used in the jam formulation. The losses were due to the processing conditions of temperature and acidity. On the other hand, the lycopene content increased 7.4% during processing. During storage the products maintained their lycopene and FOS contents, but showed 42.7% losses of ascorbic acid in relation to the initial value (zero time). It was thus concluded that the stability of the functional components was compromised by the heat processing and by the 180 days of storage at room temperature with exposure to light.

Key words: *Fructooligosaccharides; Ascorbic acid; Lycopene; Special purpose foods; Functional foods.*

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

1 Introdução

As geleias podem ser consideradas como um dos produtos de maior importância para a indústria de conservas de frutas brasileiras (ALMEIDA, 2004). A partir dos anos 80, acompanhando a tendência internacional, os produtos dietéticos revolucionaram o mercado brasileiro (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996).

O mercado de alimentos para fins especiais encontra-se em franca expansão, devido a diversos fatores, tais como: o desejo dos consumidores de controle ou perda de peso, o aumento dos casos de diabetes e obesidade, a maior conscientização sobre qualidade de vida e saúde com a adoção de hábitos alimentares voltados para um padrão dietético mais equilibrado, além do desenvolvimento de novos produtos com sabor e textura agradáveis (ABIAD, 2008), que já conseguem competir em qualidade com produtos elaborados somente com açúcar (LOBO e SILVA, 2003).

O yacon (*Smallanthus sonchifolia* ou *Polymnia sonchifolia*), planta originária das regiões andinas, foi introduzido no Brasil no início dos anos 90 e, em meados de 2000, a raiz tornou-se conhecida popularmente como batata yacon ou batata *diet* (MOSCATTO et al., 2004).

Diferentemente de outros tubérculos que armazenam amido, o yacon apresenta estocado em suas raízes tuberosas carboidratos tais como frutose, glicose, sacarose e, principalmente oligossacarídeos. A composição dos açúcares varia de forma significativa em função de fatores como a cultivar, a época de cultivo e colheita, o tempo e a temperatura pós-colheita (SEMINARIO e VALDERRAMA, 2003).

Os fruto-oligossacarídeos (FOS) do yacon são formados por uma molécula de sacarose terminal que se une a sucessivas moléculas de frutose por ligações do tipo β 2 \rightarrow 1 frutofuranosídicas. Os principais componentes são kestose, nistose e 1-frutosilnistose, sendo que o 1-kestose é o composto-chave na biossíntese dos frutanos do tipo da inulina (GOTO et al., 1995; YUN, 1996).

Os prebióticos são definidos como ingredientes alimentares não digestíveis e que afetam favoravelmente o crescimento e a atividade de um número limitado de bactérias no cólon, beneficiando o hospedeiro (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

Dessa forma, tem sido atribuída aos FOS a alegação de prebióticos já que não são digeridos pelas enzimas do trato gastrointestinal humano e ao chegarem intactos ao intestino provocam um estímulo positivo e seletivo ao crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras de saúde, especialmente as bifidobactérias (ROBERFROID, 2000; GIBSON et al., 2004).

A indigestibilidade dos FOS no trato gastrointestinal superior ocasiona redução do seu conteúdo energético

em comparação aos monossacarídeos, uma vez que são as bactérias bifidogênicas que vão utilizar esta energia para crescimento e desenvolvimento, convertendo os FOS em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC: acetato, propionato e butirato) e lactato. Estes ácidos graxos de cadeia curta é que darão origem à energia de 1,5 a 2,0 kcal.g⁻¹ para o hospedeiro (FLAMM et al., 2001).

Os FOS apresentam cerca de 1/3 do poder adoçante da sacarose, mostram-se resistentes durante os processos de aquecimento, contudo podem ser hidrolisados à frutose em condições ácidas (pH abaixo de 3,5) adicionalmente à exposição prolongada de determinados binômios tempo/temperatura (BORNET, 1994; YUN, 1996).

Quando comparado com outras fontes tradicionais de frutanos como chicória (73,6% b.s.), alcachofra de Jerusalém (74% b.s.) ou dália (72% b.s.), o yacon pode ser considerado como uma importante fonte de frutanos já que possui um teor de 67% b.s. desses compostos (ASAMI et al., 1991).

A goiaba destaca-se por apresentar elevado conteúdo de licopeno (4 a 5 mg de licopeno.100 g⁻¹ de goiaba madura), superior aos níveis encontrados no tomate (1,5 a 5,5 mg.100 g⁻¹), que é o vegetal mais citado na literatura como fonte deste componente (HART e SCOTT, 1995; WILBERG e RODRÍGUEZ-AMAYA, 1995). A coloração rosada intensa de algumas variedades de goiaba se deve aos carotenoides presentes, sendo que o licopeno representa mais de 80% dos carotenoides da fruta (CLARETO e GARCIA, 2007). Além da função de corante, esse carotenoide apresenta atividade de redução de risco de doenças cardiovasculares e estímulo ao sistema imunológico. Carotenoides são, na maioria, tetrapenoides de 40 carbonos formados por 8 unidades isoprenoides, e segundo Rodriguez-Amaya (1999) fortalecem o sistema imunológico e previnem doenças degenerativas por apresentarem as seguintes ações: sequestram oxigênio singlete e oxigênio livre, regulam o crescimento e diferenciação celular e filtram a luz azul.

Tem sido constatado que consumo de alimentos fontes de carotenoides pode ocasionar a redução do risco de catarata, principalmente em idosos, assim como a redução de casos de degeneração macular, consideradas doenças não transmissíveis associadas à idade (KRINSKY, 1994).

Em relação à acerola, sua importância nutricional e funcional está relacionada ao elevado teor de ácido ascórbico, apresentando valores que variam de 1020 a 2800 mg.100 g⁻¹ de polpa (ARANHA, 1997). De acordo com o autor, na mesma quantidade de polpa de fruta, a acerola concentra, aproximadamente, 100 vezes mais ácido ascórbico que a laranja e o limão, 20 vezes mais que a goiaba e 10 vezes mais que o caju e a amora. O aumento do interesse por frutos que contenham elevado

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

teor de ácido ascórbico tem aumentado a procura pela acerola e produtos da acerola, como suco, polpa, acerola liofilizada, geleias, etc. (OLIVA e MENEZES, 1995).

O objetivo da pesquisa foi avaliar a estabilidade dos componentes funcionais de uma geleia mista de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares, após o processamento e ao longo do armazenamento por 180 dias em temperatura ambiente.

2 Material e métodos

2.1 Matéria-prima

O yacon *in natura* e as polpas de goiaba vermelha e acerola foram adquiridos no mercado local (CEASA – CAMPINAS). Tais matérias-primas foram submetidas às seguintes determinações realizadas em triplicata: umidade (%), determinada por secagem das amostras em estufa a vácuo a 70 °C por 24 h, seguindo metodologia adaptada de Carvalho et al. (1990); sólidos totais (%), determinados pelo método gravimétrico nº 964.22 de Cunnif (2000); sólidos solúveis (°Brix), determinados em refratômetro segundo método nº 932.12 – Cunnif (1997); acidez total titulável (% ácido cítrico), determinada por titulação potenciométrica, segundo método nº 942.15 – Cunnif (1997); pH, determinado em potenciômetro segundo método nº 981.12 – Cunnif (1997); teores de açúcares totais e redutores (%), pelo método de Eynon e Lane descrito por Carvalho et al. (1990); teor de ácido ascórbico (mg.100 g⁻¹ de produto), determinado segundo metodologia descrita por Arakawa et al. (1981); teor de carotenoides (mg de licopeno.100 g⁻¹ de produto), determinado somente na polpa de goiaba de acordo com metodologia descrita por Carvalho et al. (1992); teor de fruto-oligosacarídeos (g de frutanos.100 g⁻¹ de produto), determinado somente no yacon *in natura* segundo método nº 45.4.06 B de Horwitz (2005).

2.2 Preparo da polpa de yacon

As raízes de yacon *in natura* foram lavadas e imersas em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 20 min. Com o objetivo de evitar o escurecimento da polpa de yacon devido à ação enzimática, foram realizados testes prévios e, com base em tais resultados, foi definido o método de inibição enzimática através de imersão do yacon previamente higienizado, descascado e fatiado em solução a 1,0% de ácido cítrico por 2 min, seguido de trituração em liquidificador com adição de 0,3% (m/m) de ácido cítrico em pó.

2.3 Processamento da geleia

A formulação básica da geleia sem adição de açúcares foi estabelecida com base em informações científicas e tecnológicas, sendo constituída por 17,5%

de polpa de yacon, 28% de polpa de goiaba, 24,5% de polpa de acerola, 20% de lactitol, 10% de polidextrose, 0,07% de sorbato de potássio, 0,03% de aspartame + 0,015% de acesulfame-K, 1,0% de pectina de baixo teor de metoxilação (BTM) e 0,09% de fosfato tricálcico. Os dois últimos ingredientes foram calculados com base no peso de fruta. A Figura 1 ilustra as etapas do processamento da geleia sem adição de açúcares.

A Curva de Acidificação foi obtida empregando-se a metodologia descrita por Quast e Bernhardt (1976), modificada por Berbari e Paschoalino (1997). Sendo assim, adicionou-se 0,35% de ácido cítrico de forma que o pH final da geleia fosse de 3,4.

O lactitol, a polidextrose, a pectina e o fosfato tricálcico foram misturados a seco em um recipiente à parte. A seguir, essa mistura foi adicionada ao tacho com as polpas sob agitação procedendo-se à concentração.

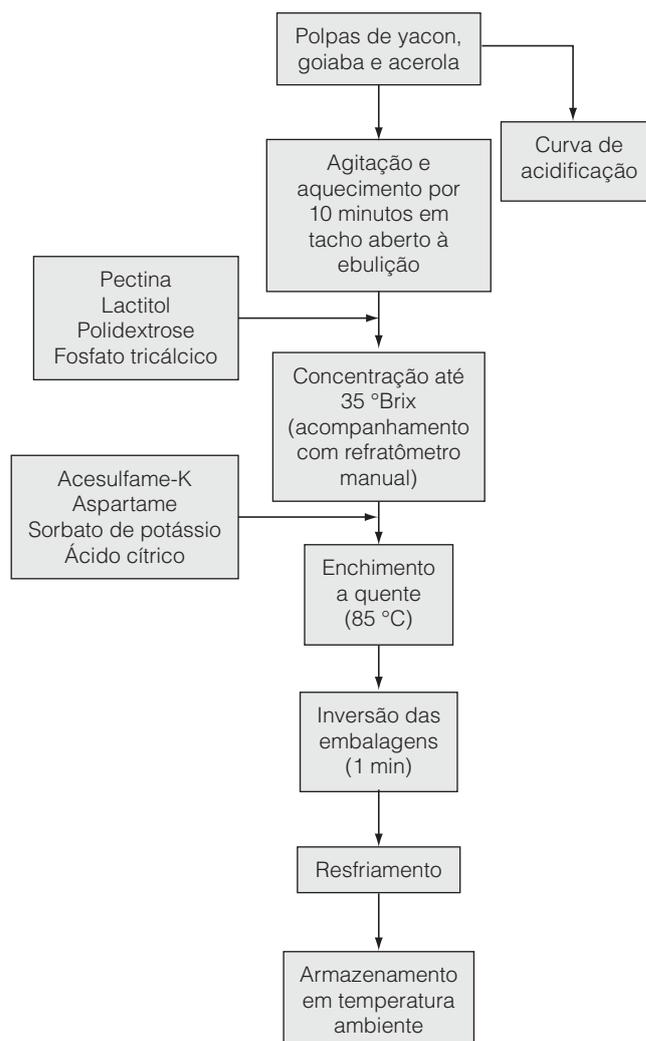


Figura 1. Fluxograma básico do processamento de geleia mista, sem adição de açúcares.

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

Após a concentração, o aquecimento foi interrompido e os demais ingredientes foram sucessivamente adicionados: acesulfame-K e/ou aspartame, sorbato de potássio e ácido cítrico. A agitação foi mantida para assegurar a completa dissolução de todos os ingredientes.

A geleia foi acondicionada em vidros incolores e transparentes, com capacidade de 250 g de produto, hermeticamente fechados com tampas metálicas. Por se tratarem de embalagens frágeis ao choque térmico, o resfriamento teve que ser feito de forma gradativa, ou seja, primeiramente em tanque contendo água a 50 °C e, a seguir, à temperatura ambiente, em um período de tempo de no máximo 15 min, para evitar perda da eficiência das substâncias utilizadas e permanência em temperaturas elevadas, que propiciam o desenvolvimento de micro-organismos termorresistentes (termófilos), que podem deteriorar o produto.

2.4 Teste sensorial

Foi aplicado um teste sensorial a uma equipe de 30 provadores não treinados que manifestaram a intenção de compra do produto, em uma escala estruturada contendo os seguintes termos: 1) certamente não compraria; 2) possivelmente não compraria; 3) não sei se compraria ou não; 4) possivelmente compraria; 5) certamente compraria (BENDER et al., 1982).

2.5 Avaliação da estabilidade dos componentes funcionais da geleia ao longo do armazenamento

Após o processamento, o produto final foi caracterizado de acordo com as mesmas determinações citadas no item 2.1, seguindo as metodologias já mencionadas, além da determinação da atividade de água (A_w) em medidor de atividade de água AQUALAB, modelo CX-2 Decagon.

A seguir, o produto foi estocado em temperatura ambiente pelo período de 180 dias e, a cada 30 dias,

foram determinados em triplicata os teores de ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de produto), carotenoides totais (mg de licopeno. 100 g^{-1} de produto) e fruto-oligossacarídeos (g de frutanos. 100 g^{-1} de produto), durante o tempo de estocagem, segundo metodologias citadas no item 2.1. No tempo zero (logo após o processamento), aos 90 e aos 180 dias de estocagem, o produto também foi submetido ao ensaio de esterilidade comercial, de acordo com metodologia descrita em Silva et al. (2002), baseado nos ensaios microbiológicos para alimentos enlatados descritos no manual da Food and Drug Administration (FDA) (1998).

2.6 Planejamento e análise estatística

Os resultados foram expressos como média e desvio-padrão de três determinações. Os efeitos do período de armazenamento nos níveis de licopeno, ácido ascórbico e FOS foram avaliados através do delineamento em blocos casualizados com três repetições para cada amostra. Foi utilizado o software SAS (1993), efetuando-se Análise de Variância (ANOVA) e testes de médias (Tukey) ao nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

3.1 Matérias-primas

Os resultados das determinações físico-químicas das matérias-primas estão ilustrados na Tabela 1. Observa-se que o yacon *in natura*, em relação às outras matérias-primas, possui maior teor de sólidos solúveis, refletindo seu maior conteúdo em açúcares totais, pH elevado e, portanto, baixa acidez. Com relação aos valores de açúcares redutores, as matérias-primas apresentaram-se muito semelhantes.

Com relação aos fruto-oligossacarídeos do yacon, o valor encontrado de 3,9%, se convertido em base seca corresponderia a 20,21%.

Tabela 1. Resultados das determinações físico-químicas realizadas com as matérias-primas.

Determinação	Resultados (média \pm desvio-padrão)		
	Yacon <i>in natura</i>	Polpa de goiaba	Polpa de acerola
Umidade (%)	80,70 \pm 0,54	90,09 \pm 0,14	91,86 \pm 0,27
Sólidos totais (%)	19,30 \pm 0,54	9,91 \pm 0,14	8,14 \pm 0,27
Sólidos solúveis (°Brix)	11,67 \pm 1,02	7,53 \pm 0,06	7,43 \pm 0,06
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,05 \pm 0,00	0,58 \pm 0,00	1,22 \pm 0,00
pH	6,02 \pm 0,04	3,90 \pm 0,01	3,11 \pm 0,01
Açúcares totais (%)	7,86 \pm 0,16	5,35 \pm 0,63	4,75 \pm 0,35
Açúcares redutores (%)	3,94 \pm 0,06	4,01 \pm 0,22	3,87 \pm 0,10
Ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	n.d.*	11,85 \pm 0,75	854,00 \pm 19,00
Carotenoides totais (mg de licopeno/ 100 g^{-1})	n.d.*	7,51 \pm 0,37	0,65 \pm 0,01
FOS (g de frutanos. 100 g^{-1})	3,90 \pm 0,06	n.d.*	n.d.*

* n.d.: não determinado.

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

Esse valor é compatível com aqueles encontrados por Ohyama et al. (1990) e Vilhena (1997), em base seca: 23% em raízes mantidas sob refrigeração e analisadas após 96 dias da colheita; 10,13% em raízes recém-colhidas; e 7,61% em raízes que foram expostas ao sol por 8 dias. Tem sido ressaltado pela literatura que os fatores que mais influenciam na manutenção dos níveis de fruto-oligosacarídeos do yacon são: o período do ano em que é realizada a colheita, o tempo entre a colheita e o processamento das raízes, além do fator de exposição solar. Comparando-se os demais resultados das determinações do yacon *in natura* com os encontrados por Ventura e Garcia (2004), observam-se teores mais elevados de sólidos totais, sólidos solúveis e acidez, enquanto os valores de umidade, pH, açúcares totais e redutores foram inferiores.

A polpa de goiaba apresentou conteúdo de carotenoides (7,51 mg de licopeno.100 g⁻¹ de polpa) semelhante àqueles encontrados por Claretto e Garcia (2007), que variaram de 7,84 a 8,05 mg de licopeno.100 g⁻¹ de polpa. Quanto às demais determinações, os teores de sólidos totais, sólidos solúveis, pH, açúcares totais e redutores foram mais baixos que aqueles obtidos por Claretto e Garcia (2007), acontecendo o contrário para os teores de umidade e acidez.

Os valores apresentados na Tabela 1 mostram que a polpa de acerola possui elevado teor de ácido ascórbico, correspondente a 854 mg.100 g⁻¹ de polpa, valor equivalente àquele encontrado por Júnior et al. (2007) em polpa de acerola (840,51 mg.100 g⁻¹), e um pouco abaixo da faixa citada por Aranha (1997), ou seja, 1025 a 2800 mg.100 g⁻¹, fato que pode ser justificado por algum tratamento da polpa previamente ao congelamento ou mesmo pela sua manipulação inadequada após o descongelamento, além de outros fatores relacionados à variedade, época de plantio, etc.

Já, as demais determinações apresentaram valores muito próximos àqueles determinados por Oliva e Menezes (1995), Ventura e Garcia (2004), e Brunini (2004).

Portanto, as matérias-primas utilizadas (yacon *in natura*, polpa de goiaba e polpa de acerola) apresentaram muitas características físicas e químicas semelhantes àquelas encontradas na literatura. Alguns dados divergiram daqueles citados na literatura consultada devido às diferentes variedades, condições de plantio e de processamento pós-colheita.

3.2 Geleia mista sem adição de açúcares

O resultado do Teste sensorial de Intenção de Compra está ilustrado pela Figura 2.

Através da Figura 2 é possível observar que os provadores apresentaram uma boa intenção de compra

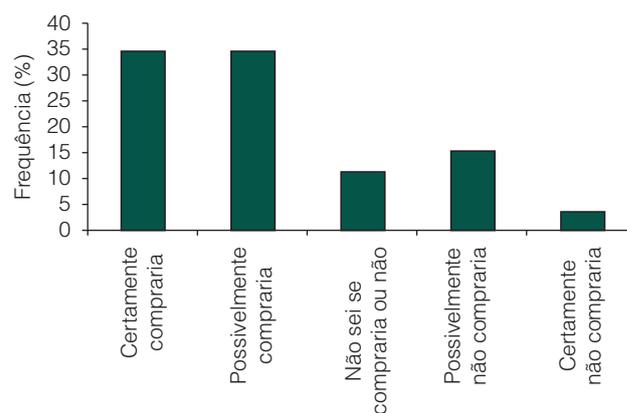


Figura 2. Resultado do Teste de Intenção de Compra aplicado à geleia mista, sem adição de açúcares.

em relação ao produto final, já que 70% das respostas ficaram entre os termos “certamente compraria” e “possivelmente compraria”. Haj-Isa et al. (2007) também elaboraram doces utilizando edulcorante dietético à base de aspartame e obtiveram boa aceitação sensorial dos produtos elaborados.

Os resultados das determinações físico-químicas e das análises microbiológicas realizadas na geleia estão ilustrados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Quando são comparados os valores iniciais de FOS na raiz (3,9%) e os valores determinados inicialmente na geleia (0,52%), considerando que o produto final possuía 17,5% de polpa de yacon, era esperado que apresentasse 0,68% de FOS, portanto, estimou-se uma perda de 23,5% desse constituinte logo após o processamento. Segundo Quinteros (2000), os FOS possuem estabilidade térmica superior à da sacarose na faixa de pH 4 a 7, no entanto, podem sofrer hidrólise em valores de pH abaixo de 3,5, agravando, neste caso, o tempo de aquecimento durante o processamento da geleia. Silva et al. (2007) observaram degradação de FOS em suco de yacon concentrado com pH 3,5.

Seguindo o mesmo raciocínio, quando comparados os valores iniciais de ácido ascórbico (865,85 mg.100 g⁻¹)

Tabela 2. Resultados das determinações físico-químicas realizadas na geleia logo após o processamento.

Determinação	Resultados (média ± desvio-padrão)
Umidade (%)	58,51 ± 0,17
Sólidos totais (%)	41,49 ± 0,17
Aw	0,960 ± 0,00
Sólidos solúveis (°Brix)	39,50 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,73 ± 0,0
pH	3,45 ± 0,01
Açúcares totais (%)	5,89 ± 0,21
Açúcares redutores (%)	3,88 ± 0,16

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

Tabela 3. Resultados das determinações dos componentes funcionais da geleia ao longo do armazenamento.*

Tempo (dias)	Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)	Licopeno (mg.100 g ⁻¹)	FOS (g.100 g ⁻¹)
0	143,00 ± 6,0 ^a	2,44 ± 0,06 ^a	0,52 ± 0,00 ^a
30	137,00 ± 7,0 ^a	2,41 ± 0,17 ^a	0,48 ± 0,03 ^a
60	102,67 ± 2,0 ^b	2,39 ± 0,04 ^a	0,44 ± 0,02 ^a
90	102,00 ± 6,0 ^{bc}	2,27 ± 0,21 ^a	0,47 ± 0,03 ^a
120	90,60 ± 4,3 ^{cd}	2,27 ± 0,03 ^a	0,50 ± 0,08 ^a
150	83,88 ± 1,6 ^d	2,16 ± 0,12 ^a	0,50 ± 0,03 ^a
180	81,97 ± 2,9 ^d	2,23 ± 0,13 ^a	0,46 ± 0,01 ^a

* Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de cada coluna, não diferem entre si a $p < 0,05$.

Tabela 4. Resultados* das avaliações de esterilidade comercial do produto final.

Determinação	Tempo zero	90 dias	180 dias
Microrganismos mesófilos ácido-tolerantes	ausente	ausente	ausente
Microrganismos termófilos ácido-tolerantes	ausente	ausente	ausente
Bolores	ausente	ausente	ausente
Leveduras	ausente	ausente	ausente

* Resultados expressos para 1 g de amostra.

e licopeno (8,16 mg.100 g⁻¹), correspondentes às somatórias das proporções de polpas utilizadas na formulação (24,5% de acerola e 28% de goiaba), era esperado que o produto final contivesse 212,55 mg.100 g⁻¹ de ácido ascórbico e 2,26 mg.100 g⁻¹ de licopeno. No caso do ácido ascórbico, foi encontrado um valor inferior (143 mg.100 g⁻¹) correspondendo a uma perda de 32,7% deste componente logo após o processamento, o que pode ser justificado pelas condições adversas utilizadas no processamento, tais como temperatura e acidez, visto que se trata de um constituinte sensível a condições de intensa temperatura e/ou acidez.

Já para o licopeno, ocorreu um incremento da ordem de 7,4% no seu conteúdo. Esse incremento pode ser devido ao fato de que o processamento facilitou a extração dos pigmentos carotenoides das células, os quais também podem ter sofrido ação protetora antioxidante da vitamina C adicionada.

Após 180 dias de armazenamento, observou-se que o ácido ascórbico sofreu uma redução estatisticamente significativa de 42,7% em relação ao valor inicial, fato que já era esperado devido à oxidação do ácido ascórbico do produto por ação principalmente da luz e do calor. Por isso, para que a geleia mantivesse um bom teor de ácido ascórbico após a estocagem de 180 dias, seria interessante que este componente fosse adicionado durante o processamento, após a etapa de concentração

do produto. Já, os teores de licopeno e FOS mantiveram-se estáveis durante o período de estocagem.

O produto final não pode ser considerado funcional com base nos teores de FOS encontrados, uma vez que a legislação nacional (BRASIL, 2008) recomenda que a porção do produto alimentício sólido pronto para consumo deve fornecer no mínimo 3 g por dia de FOS para ser considerado como funcional. A porção de geleia é padronizada em 20 g (BRASIL, 2003), sendo encontrados apenas 0,10 g de FOS na porção do novo produto. Uma forma de proporcionar um incremento de FOS e garantir o fornecimento mínimo necessário para o produto ter alegação funcional, seria a adição de farinha de yacon ou mesmo da própria inulina já isolada como foi realizado por Moscatto et al. (2004) na elaboração de bolo de chocolate.

De acordo com a Resolução de diretoria colegiada – RDC nº 269 da ANVISA (BRASIL, 2005) a ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para adultos é 45 mg.dia⁻¹, e as polpas de goiaba e acerola utilizadas no estudo apresentaram, respectivamente, 26% e 1898% da IDR. Após o processamento e adotando-se a porção padronizada em 20 g (BRASIL, 2003), o produto apresentou no tempo inicial 64% e no final da estocagem 36% da IDR para Vitamina C. Para um alimento ser considerado com “alto teor” de vitaminas precisa fornecer no mínimo 30% da IDR de referência por 100 g (BRASIL, 1998). A geleia formulada apresentou alto teor de vitamina C no final do estudo, com 36% da IDR por porção de 20 g, e, portanto 180% da IDR numa porção de 100 g, valor esse 6 vezes maior que o recomendado pela legislação. Portanto, o produto além de ser um alimento com alto teor de vitamina C pode ser considerado como funcional, pois, segundo Riso et al. (2004) e IOM (2000), os níveis encontrados apresentam efeito antioxidante no nível celular.

A legislação não recomenda ingestão diária para licopeno ou carotenoides que não sejam pró-vitamina A, ou seja, não há ainda uma quantidade específica, mínima ou máxima, prescrita de licopeno que seja considerada segura para ingestão (AMAYA-FARFAN et al., 2001). Como até o momento não há um consenso sobre a dose indicada para pessoas normais ou com alguma enfermidade, necessita-se de mais estudos para que essa recomendação atenda às necessidades humanas (MORITZ e TRAMONTE, 2006). Portanto, como não há nem IDR estabelecida pela legislação, não existem parâmetros para se afirmar se o produto final é um alimento funcional com base nos teores de licopeno encontrados.

Através da Tabela 4 observa-se que o produto encontra-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC nº 12 de 01 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001), sendo considerado comercialmente estéril durante os 180 dias de armazenamento.

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

4 Conclusões

A análise sensorial indicou uma boa intenção de compra da geleia pelo consumidor, já que 70% dos provadores indicaram que possivelmente e certamente comprariam a geleia mista sem adição de açúcares, indicando o potencial de mercado do novo produto. Este fato aliado à estabilidade microbiológica do produto ao longo da estocagem ressalta sua viabilidade tecnológica de produção e comercialização. As perdas dos componentes funcionais durante o processamento foram estimadas em 23,5% para FOS e 32,7% para ácido ascórbico, provavelmente devido às condições de temperatura e acidez utilizadas na elaboração da geleia. Já, o licopeno sofreu um acréscimo de 7,4% o que pode indicar que o processamento utilizado tenha facilitado a liberação de pigmentos carotenoides das células, sendo que esses componentes podem também ter sofrido ação antioxidante protetora da vitamina C adicionada. Ao longo da estocagem, a geleia manteve seus teores de licopeno e FOS, contrariamente ao teor de ácido ascórbico, que sofreu redução de 42,7%. Do ponto de vista dos teores finais de FOS, a geleia não pode ser considerada funcional, mas quanto aos teores de ácido ascórbico sim. Em relação ao licopeno, ainda não há ingestão diária recomendada pela legislação e, portanto, não há como concluir sobre a funcionalidade do alimento em função de seus níveis. De qualquer forma, a característica funcional da geleia sem adição de açúcares foi comprometida pelo processamento térmico do produto e pelo armazenamento de 180 dias em temperatura ambiente e sob exposição da luz.

Agradecimentos

À FAPESP pelo apoio financeiro concedido para a realização da pesquisa e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Lista de alegações de propriedades funcionais aprovadas para alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde:** novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm>. Acesso em: Março 2009.

ALMEIDA, M. E. M. O processamento de frutas. In: ALMEIDA, M. E. M.; MOURA, S. C. S. R. **Processamento de compotas, doces em massa e geléias para pequenas empresas.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2004. p. 13-36. (cap. 2).

AMAYA-FARFAN, J.; DOMENE, S. M. A.; PADOVANI, R. M. DRI: síntese comentada das novas propostas sob recomendações nutricionais para antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 71-78, 2001.

ARAKAWA, N.; OTSUKA, M.; KURATA, T.; INAGKI, C. Separative determination of ascorbic acid and erythorbic acid by high-performance liquid chromatography. **Journal Nutritional Science Vitaminology**, Japan, v. 27, n. 1, p. 1-7, 1981.

ARANHA, F. Q. **Investigação do tempo de suplementação com vitamina C, do suco de acerola e do fármaco, necessário para normalizar os níveis séricos de ácido ascórbico em idosos institucionalizados de João Pessoa-PB.** João Pessoa, 1997. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUCHUJA, K.; KANO, I.; HORI, T.; OHYAMA, M.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuations of oligofructan contents in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Society of soil Science Plant Nutrition**, Tokio, v. 62, n. 6, p. 621-627, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DIETÉTICOS E PARA FINS ESPECIAIS - ABIAD. **O mercado Diet & Light.** São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abiad.org.br/pdf/mercado_diet_light_novo.pdf>. Acesso em: Janeiro 2008.

BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W.; KRAMER, A. Factorial experiments. In: BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W.; KRAMER, A. **Statistical methods for food agriculture.** Westpor: *Avi Publishing Company*, 1982. p. 129 (cap. 9).

BERBARI, S. A. G.; PASCHOALINO, J. E. Acidificação do palmito pupunha. In: PASCHOALINO, J. E. **Industrialização do palmito pupunha.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. (manual técnico n. 15)

BORNET, F. R. J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 59, n. 3, p. 635-695, 1994.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 27 de 13 de Janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de Janeiro de 1998. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em: Janeiro 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12 de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de Janeiro de 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144>>. Acesso em: Agosto 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 359, de 23 de Dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de Dezembro de 2003. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9058>>. Acesso em: Março 2009.

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 Setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de Setembro de 2005. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word=>>>. Acesso em: Janeiro 2009.
- BRUNINI, M. A.; MACEDO, N. B.; COELHO, C. V.; SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, 2004.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais**: dietéticos. São Paulo: Varela, 1996. 423 p.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p. (manual técnico)
- CARVALHO, P. R. N.; COLLINS, C. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Comparison of provitamin: a determination by normal-phase gravity-flow chromatography and reversed phase high performance liquid chromatography. **Chromatographia**, Wiesbaden, v. 33, n. 2, p. 133-37, 1992.
- CLARETO, S. S.; GARCÍA, N. H. P. **Estudo da concentração de licopeno da polpa de goiaba utilizando o processo de microfiltração**. Campinas, 2007. 149 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.
- CUNNIF, P. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington: Association of Oficial Analytical Chemists, 1997. (v. 2, cap. 37).
- CUNNIF, P. **Official methods of analysis**. 17 ed. Washington: Association of Oficial Analytical Chemists, 2000. (v. 2, cap. 37, 42 e 44).
- FLAMM, G.; GLINSMANN, W.; KRITCHEVSKY, D.; PROSKY, L.; ROBERFROID, M. Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Ohio, v. 41, n. 5, p. 353-362, 2001.
- Food and Drug Administration - FDA. **Bacteriological analytical manual**. 8 ed. Arlington: Association of Oficial Analytical Chemists, 1998.
- GIBSON, G. R.; PROBERT, H. M.; LOO, J. Van; RASTALL, R. A.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews, London**, v. 17, n. 2, p. 259-275, 2004.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 125, n. 6, p. 1401-1412, 1995.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIDIKA, J., NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokio, v. 59, n. 12, p. 2346-2347, 1995.
- HAIJ-ISA, N. M. A.; CAPITANI, C. D.; LOBO, A. R.; BETTE, V. C.; MACHADO, T. S.; SALLES, R. C. S. M. Elaboração de produtos à base de yacon (*Polymnia sonchifolia*) In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2007. (CD-ROM).
- HART, D. J.; SCOTT, K. J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. **Food Chemistry**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 101-111, 1995.
- HORWITZ, W. **Official methods of analysis**. 18 ed. Washington: Association of Oficial Analytical Chemists, 2005. (v. 2, cap. 45).
- INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Dietary reference intake for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids**. Washington: IOM, 2000. Disponível em: <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9810&page=333>. Acesso em: Março 2009.
- JUNIOR, A. S.; ARAUJO, D. R.; VITORINO, A. R.; SAMPAIO, D. D.; MARQUES, L. F.; FREITAS, H. E. C. D. S. Avaliação do teor de vitamina C em acerola (*Malpighia glabra linn.*) após desidratada em estufa por corrente de ar a 60°C. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2007. (CD-ROM)
- KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 66, n. 5, p. 1003-1010, 1994.
- LOBO, A. R.; SILVA, G. M. Aspectos tecnológicos de produtos de panificação e massas alimentícias com teor calórico reduzido. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2003.
- MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 265-273, 2006.
- 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.
- OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMISAWA, K.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T.; ASAMI, T. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v. 36, n. 1, p. 167-171, 1990.
- OLIVA, P. B.; MENEZES, H. C. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**.

Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares

PRATI, P. et al.

Campinas, 1995. 103 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

QUAST, D. G.; BERNHARDT, L. W. **Curvas de titulação do palmito de cinco espécies de palmeiras**. Campinas: ITAL, 1976. p. 241-264. (coletânea do ITAL n. 7)

QUINTEROS, E. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Campinas, 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

RISO, P.; VISIOLI, F.; ERBA, D.; TESTOLIN, G.; PORRINI, M. Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma lymphocytes after tomato intake effects. Effects on cellular antioxidant protection. **European Journal of Clinical Nutrition**, Southampton, v. 58, n. 10, p. 1350-1358, 2004.

ROBERFROID, M. B. Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. **Nutrition**, London, v. 16, n. 7-8, p. 677-680, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoides y preparación de alimentos**: la retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. Santiago: ILSI Press, 1999. 99 p.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. **El yacon**: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima: Centro Internacional de la Papa; Universidad Nacional de Cajamarca; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 2003. 60 p. Disponível em: <http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf>. Acesso em: Março 2009.

SILVA, E. B.; KAMIENSKI, C. G.; LIMA, N. N.; SCHMIDT, F. L. Estabilidade dos frutooligosacarídeos no suco do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) concentrado. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2007. (CD-ROM)

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2002. 295 p.

Statistical Analysis System - SAS. SAS User's Guide: statistics. Cary: SAS Institute, 1993.

VENTURA, F. C.; GARCIA, N. H. P. **Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola**. Campinas, 2004. 217 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

VILHENA, S. M. C. **Efeitos da exposição ao sol e do armazenamento sobre a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de yacon** (*Polymnia sonchifolia* Poep Endl). Botucatu, 1997. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista - UNESP.

WILBERG, V. C.; RODRÍGUEZ-AMAYA, B. D. HPLC quantitation of mayor carotenoids of fresh and processed guava and papaya. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Maryland Height, v. 28, n. 5, p. 474-480, 1995.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 19, n. 2, p. 107-117, 1996.