

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

CAMILA CHEKER BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DE
YACON**

Goiânia
2013

CAMILA CHEKER BRANDÃO

DESENVOLVIMENTO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Clarissa Damiani

Co-orientador: Prof^ª Dr^ª Eduardo R. Asquieri

Goiânia
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

CAMILA CHEKER BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DE
YACON**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 22 de fevereiro de 2013, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Prof.(a) Dr. Flávio Alves Silva
EA/UFG

Prof.(a) Dr. Daniela Orsi
FCE/UnB

Prof.(a) Dr. Clarissa Damiani
EA/UFG

Aos meus pais, pelo amor incondicional e exemplo.
Ao meu irmão, pela força e aprendizado diário
Ao Fernando, pelo amor e força em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ser meu grande suporte e me encher de bênçãos todos os dias, permitindo que verdadeiros anjos cruzassem meu caminho;

Ao meu pai, Wilson Brandão, por ter me ajudado com seu apoio, conseguindo desde o rótulo para minhas garrafas até minha análise sensorial, mostrando-se, às vezes, mais animado do que eu. Pelo exemplo de caráter e dedicação;

A minha mãe, Sandra Cheker Brandão, pela força, amor incondicional, compreensão e carinho de sempre estando sempre ao meu lado. Na maioria das vezes não sei o que faria sem ela;

Ao meu irmão, Caio Cheker Brandão, pelo apoio, amizade e incentivo, por ter me ajudado na sensorial, angariando provadores pela faculdade.

Ao meu noivo, Fernando da Cruz Turela, meu companheiro que sempre está ao meu lado, me apoiando em cada decisão, me incentivando cada dia a buscar o melhor de mim, me motivando e sempre me dando o consolo e amor;

As minhas amigas e parceiras do mestrado, Lara, Lucidarce, Pamela e Thais, por servirem sempre de ombro amigo e estarem sempre me ajudando;

A minha parceira, amiga, confidente e revisora, Aline Medeiros Alves, muito obrigada por tudo, não consigo nem listar tudo que fez por mim nesses dois anos. Muito obrigada;

A professora Daniela, por estar presente comigo quando precisei, por ter me ajudado inúmeras vezes no laboratório, mesmo não sendo essa sua “tarefa”;

A minha orientadora, por me motivar a ser cada dia melhor; Ao meu coorientador, por ter me estendido a mão quando precisei.

As minhas parceiras de laboratório, Aline Gomes, Nathalya Bastos, Fernanda e Isabel sempre fazendo do trabalho no laboratório um dia de muita festa;

Á todos, muito obrigada do fundo do coração;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Ministério da Educação (MEC), pela concessão de bolsa de pós-graduação, por ter feito desses dois anos possíveis, incentivando e tornando real, não só a minha, mas inúmeras pesquisas no país.

RESUMO

O yacon é considerado um alimento funcional, em razão do seu teor de fibra solúvel, ou seja, de frutooligossacarídeos (FOS), porém esse tubérculo apresenta alta perecibilidade e pouco volume de produção, fazendo com que a produção de um fermentado alcoólico se torne uma alternativa para seus problemas. Dessa forma, o objetivo do estudo foi desenvolver o fermentado alcoólico, monitorar quimicamente as alterações ocorridas durante o processo de elaboração e do envelhecimento de um ano. Após esse período o potencial antioxidante, teor de metanol e uma análise sensorial foram realizados. Primeiramente, as raízes de yacon foram submetidas à fermentação alcoólica e o mosto foi monitorado (temperatura, pH, acidez total e teor sólidos solúveis) durante dez dias de fermentação rápida e (densidade, cinzas, acidez total titulável e volátil, taninos e açúcares redutores) durante noventa dias de fermentação lenta. Ao final da segunda fermentação, a acidez total titulável foi o único requisito que variou significativamente ($p < 0,05$), diminuindo ao longo dos três meses. Durante o período de um ano de envelhecimento foram monitoradas as cinzas, a acidez total titulável, a acidez volátil, o SO_2 total e livre, o açúcar redutor, a sacarose, os compostos fenólicos e os frutooligossacarídeos (FOS). A acidez volátil e total aumentou significativamente ($p < 0,05$), ao longo do tempo, mas mesmo assim ao final ainda se manteve dentro da legislação. Já os açúcares, incluindo o FOS, foram consumidos ao longo deste período, indicando a possibilidade das leveduras serem capazes de hidrolisar a fibra solúvel. O SO_2 total e livre diminuiu, significativamente, mostrando sua atuação contra a oxidação do produto. Ao final do envelhecimento, o fermentado apresentou teor de metanol dentro do permitido pela legislação, um bom potencial antioxidante e considerável perfil e aceitação sensorial. Dessa forma, houve condições de se produzir um fermentado alcoólico, a partir do yacon, dentro dos padrões de legislação brasileira, tornando-se assim, uma alternativa para o consumo desse tubérculo.

Palavras-chave: yacon, fermentado alcoólico, monitoramento químico, envelhecimento, análise sensorial.

ABSTRACT

The yacon is considered a functional food, because of its content of soluble fiber, the fructooligosaccharides (FOS), however it has a short shelf life and low volume production, producing an alcoholic fermented as an alternative for these problems. Thus, the aim of the study was to develop the alcoholic beverage, monitoring chemical changes during the elaboration process and aging (one year). After that time the antioxidant potential, the methanol content and an sensory analysis were conducted. The roots of yacon underwent alcoholic fermentation and the broth was monitored (temperature, pH, total acidity and soluble solids content) during ten days of the first (fast) fermentation and (density, ash, total and volatile acidity, tannins and sugars), during ninety days of slow stage of fermentation. At the end of the slow fermentation, the total acidity was the only requirement that varied significantly ($p < 0.05$), decreasing over three months. During a year of aging were monitored ash, total acidity, volatile acidity, free and total SO_2 , the reducing sugar, sucrose, phenolic compounds and fructooligosaccharides (FOS). The volatile and total acidity increased significantly ($p < 0.05$), over time, but at the end still retained within the law. As for the sugars, including FOS, were consumed during this period, suggesting the ability of yeast to hydrolyze the soluble fiber. The free and total SO_2 decreased significantly, showing its performance against oxidation product. At the end of aging, methanol content presented was within those permitted by law, a good antioxidant potential and considerable profile and sensory acceptance. Thus, there was able to produce a fermented alcoholic from yacon, within the standards of Brazilian law, thereby becoming an alternative to the consumption of the roots.

Keywords: yacon, fermented alcoholic, chemical monitoring, aging, sensory analysis.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	8
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 YACON	10
2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	12
2.3 FERMENTADO ALCOÓLICO	15
2.3.1 Colheita e Esmagamento	16
2.3.2 Sulfitação	16
2.3.4 Inoculação da levedura	16
2.3.5 Fermentação tumultuosa (vigorosa)	17
2.3.6 Trasega	19
2.3.7 Fermentação lenta	19
2.3.8 Sulfitação	19
2.3.9 Clarificação	20
2.3.10 Envelhecimento	20
2.3.11 Fermentado Alcoólico de Frutas	21
2.4 ANÁLISE SENSORIAL DE VINHO	22
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2 (Artigo científico 1)	30
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1 MATERIAL	33
2.2 CARACTERIZAÇÃO YACON (<i>Smallanthus Sonchifolius</i>)	33
2.3 ELABORAÇÃO DO MOSTO DE YACON (ALGUNS DADOS FORAM OMITIDOS EM RAZÃO DA PATENTE Nº BR 10 2012 005273 3)	34
2.3.1 Monitoramento fermentação vigorosa	34
2.3.2 Monitoramento fermentação lenta	34
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO YACON	35
3.2 FERMENTAÇÃO VIGOROSA	37

3.3 FERMENTAÇÃO LENTA	40
4 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 3 (artigo científico 2).....	48
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAIS E MÉTODOS	51
2.1 MATERIAL	51
2.2 MÉTODOS.....	51
2.2.1 Monitoramento Químico.....	52
2.2.2 Perfil Sensorial – Provadores Treinados.....	52
2.2.3 Aceitação Sensorial – Provadores Não Treinados.....	54
2.2.4 Análise Estatística.....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.1 MONITORAMENTO QUÍMICO DURANTE ENVELHECIMENTO	54
3.2 PERFIL SENSORIAL – PROVADORES TREINADOS	62
3.3 ACEITAÇÃO SENSORIAL – PROVADORES NÃO TREINADOS	64
4 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	67
CONCLUSÃO GERAL	73
APÊNDICE A – Patente do fermentado alcoólico de yacon.....	74

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), anteriormente conhecido como *Polymnia sonchifolia*, é um tubérculo originário dos Andes, sendo cultivado e consumido desde os tempos pré-incas (séc. XVI) (OJANSIVU, 2011). No Brasil foi introduzido no início dos anos 90, passando a ter consumo mais expressivo em meados dos anos 2000 (SANTANA, 2008).

Apesar de ser um tubérculo, alguns autores consideram o yacon como fruta, devido a sua polpa ser suculenta e ter aparência e sabor parecidos com maçã e pêra (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003). A raiz apresenta elevado teor de água, reduzido valor energético e, diferentemente da maioria das espécies tuberosas que estocam energia na forma de amido, o yacon tem como principal carboidrato de reserva os frutooligossacarídeos (FOS) (VALENTOVÁ et al., 2007).

Os FOS do yacon possuem cadeias com grau de polimerização de 2 à 10 unidades de frutoses, unidas por ligações β (1 \rightarrow 2) -D-frutofuranosil com uma glicose terminal (GOTO, et al., 1995). Em razão desse constituinte, esse tubérculo tem sido considerado como alimento funcional, uma vez que os carboidratos do tipo inulina (FOS) não são digeridos pelo organismo humano, em razão deste não produzir enzimas capazes de hidrolisar a ligação β 1 \rightarrow 2. Além disso, os FOS estimulam, seletivamente, o crescimento e a atividade das bactérias intestinais (bifidobactérias) promotoras da saúde, sendo designados como fibra alimentar solúvel (OJANSIVU, 2011; SANTANA, 2008; VALENTOVÁ, 2003).

O teor de FOS presente no tubérculo cru foi pesquisado por Ohyama et al. (1990), cujo valor encontrado no yacon recém colhido foi de 67%, em matéria seca, e de 26% após três meses de armazenamento sob refrigeração, mostrando a instabilidade deste constituinte, independentemente da temperatura de armazenamento.

O yacon, também, possui compostos fenólicos, com potencial antioxidante que podem proteger as membranas celulares contra danos provocados pelos radicais livres (CHUDA et al, 1998).

Apesar de todo o potencial nutritivo, este tubérculo, ainda, é produzido em pequena escala, tem rápida deterioração pós colheita e apresenta pouca aceitação pela sociedade

brasileira. Por essas razões, o desenvolvimento de produtos, a base de yacon, que mantenham sua qualidade nutricional e permitam maior vida útil, seria uma alternativa para esses problemas citados (SILVEIRA, 2009).

Dessa forma, novos produtos estão sendo desenvolvidos a partir do yacon, como xaropes, sucos, chips (yacon cortado em lâminas desidratado) e chás, provenientes das folhas (OJANSIVU, 2011). No Japão, as raízes de yacon são popularmente conhecidas e transformadas em produtos de panificação, bebida láctea fermentada, pó ou polpa liofilizada, pickles entre outros (SANTANA, 2008).

Dentre os novos produtos que estão sendo desenvolvidos, podem-se citar aqueles provenientes da tecnologia de fermentação, como as bebidas alcoólicas, cada vez mais estudadas, em razão do aumento deste segmento no Brasil e a valorização mercadológica das frutas utilizadas como matéria-prima (RECAMALES, 2011).

O fermentado alcoólico, mais antigo e mais estudado, é o proveniente da uva, conhecido como vinho. Esse é definido como bebida obtida da fermentação alcoólica do mosto de uvas sãs, frescas e maduras, contendo álcool etílico em proporções variáveis de 9 à 13%, em volume (FACCO, 2006).

É possível produzir um bom fermentado alcoólico, a partir de qualquer fruta que contenha níveis razoáveis de açúcares, mantendo os sabores característicos de cada fruta. Os fermentados alcoólicos que não tenham como matéria-prima a uva são chamados “fermentado alcoólico de”, seguido do nome da fruta (BRASIL, 1988).

Nessa perspectiva, no Brasil, vêm sendo realizados vários experimentos com frutas para a produção de bebidas fermentadas alcoólicas, utilizando mostos de jabuticaba (ASQUIERI et al., 1997), acerola (SANTOS, 2005), cacau (DIAS, 2007), cagaita (OLIVEIRA, 2011) e jaca (ASQUIERI; RABELO; SILVA, 2008). Também há muitos estudos na literatura sobre a evolução das características físico-químicas dos fermentados durante o envelhecimento em garrafas, tais como cor e composição química (JAFFRÉ, 2009).

Em razão da necessidade de se aumentar o consumo de alimentos não populares, incentivando sua produção agrícola, e do aumento de pesquisas na área de fermentados alcoólicos, esse trabalho visou o desenvolvimento de um fermentado alcoólico de yacon, assim como a monitorização, caracterização química e sensorial, durante o período de fermentação e após um ano de envelhecimento .

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 YACON

O yacon é uma erva perene, com caules de até dois metros de altura, e suas raízes tuberosas possuem inúmeras formas, pesando em torno de 200 á 2000 gramas (GRAEFE, 2004). Membro da família Asteraceae, é uma cultura antiga nos Andes, onde suas raízes tuberosas são consumidas cruas ou cozidas (DOUGLAS; FOLLETT, 2005; OJANSIVU, 2011).

Nos Andes, Equador, Peru e na parte noroeste da Argentina, esse tubérculo é amplamente consumido como fruta, principalmente, durante as festas típicas desses países (corpus Christi, dia dos finados, dia de todos os santos e outras), sendo Peru o maior produtor mundial de yacon, com mais de 600 hectares de área plantada (MALDONADO et al., 2008).

A forma mais comum de cultivo do yacon é por meio de porta enxerto (ou reprodução assexuada). Após a colheita, parte das plantas (contendo as gemas vegetativas) são retiradas e plantadas para originar novos tubérculos. Sua temperatura ótima para crescimento é de 18 à 27°C, sendo mais sensível a temperaturas baixas (-7°C), no qual seu crescimento é paralisado e suas raízes sofrem injúrias irreparáveis (DOUGLAS; FOLLETT, 2005; GRAU; REA, 1997).

Com meios adequados para o plantio, o yacon foi introduzido, comercialmente, no Brasil em 1991, em Capão Bonito (São Paulo), pela colônia japonesa (OLIVEIRA, 2005), onde o consumo expressivo iniciou-se, apenas, em meados dos anos 2000 e a raiz tornou-se conhecida, popularmente, como batata yacon ou batata “diet” (SANTANA, 2008).

A região de Itajaí, no Rio Grande do Sul, começou a produção de yacon em razão de sua alta produtividade (10 à 100 toneladas por hectare). Se compararmos o yacon com a batata inglesa (30 ton/hectare) ou mandioca (13 ton/hectare), tubérculos mais consumidos pela sociedade brasileira, a produtividade do yacon é extremamente expressiva (GONÇALVES, 2010).

Antes do final da década de 80, com exceção do Peru e do Japão, a comunidade científica pouco se interessava por esse tubérculo, porém após muitos estudos, já se conhece vinte e cinco genótipos de yacon. Cada genótipo de yacon possui uma composição química diferente, assim como morfologia (Figura 1) e quantidades de enzimas também diferentes (VALENTOVÁ et al., 2006).

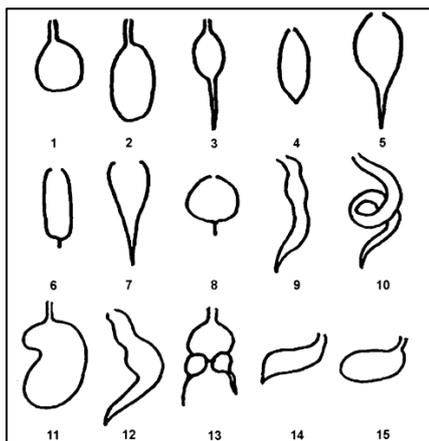


Figura 1. Quinze tipos morfológicos de yacon.

Fonte: Valentová et al. (2006).

Em pesquisa feita por Douglas et al. (2007), notou-se que a temperatura ótima para crescimento da planta yacon foi entre 18-25°C, sendo que sua folhagem foi mais resistente à temperaturas mais altas do que à baixas, sendo seu crescimento totalmente paralisado a -3°C.

O início da produção desse tubérculo no país impulsionou as pesquisas e estas mostraram que o mesmo é constituído, por água e carboidratos, os quais são armazenados, principalmente, sob a forma de frutooligossacarídeos (FOS), diferente de outros tubérculos que armazenam especialmente amido (ESTRELLA; LAZARTE, 1994; SANTANA, 2008).

Em estudo realizado por Nakanishi (1997), comprovou-se que o tubérculo possui quantidades abundantes de frutanos e carência de amido, o que torna o yacon, potencialmente, benéfico na dieta de diabéticos.

Com relação às características sensoriais, pesquisadores relatam as raízes como suculentas, crocantes, com sabor semelhante ao de maçã, e a crocância do nabo, sendo ligeiramente doce. As raízes são consumidas, geralmente, cruas e descascadas, uma vez que a casca possui sabor bastante resinoso (FANTE et al., 2012; GRAU; REA, 1997).

Todo conhecimento recente sobre os efeitos promissores para a saúde, advindos do consumo diário de yacon, aumentou o interesse comercial nos mercados das cidades em todo o Brasil, levando ao desenvolvimento de atividades comerciais em torno de seu cultivo (MANRIQUE; PÁRRAGA, 2005). Mas, mesmo assim, a demanda, ainda, é baixa em razão de sua curta vida de prateleira e devido à falta de familiaridade do consumidor brasileiro com o tubérculo (OJANSIVU, 2011).

2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Com a “descoberta” do yacon, pesquisas à respeito de sua composição química foram sendo realizadas. Alguns desses estudos foram relatados por Nieto (1991) e Vilhena (2000) (Tabela 1) que caracterizaram o yacon e o definiram como um alimento de baixo valor energético e de bom valor nutricional.

Tabela 1. Composição química (% da massa seca), de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

Propriedade	Quantidade - Nieto (1991)	Quantidade - Vilhena (2000)
Proteínas (%)	3,70	4,34
Lipídeos (%)	1,50	1,66
Cinzas (%)	3,50	3,56
Fibras (%)	3,40	3,26
Frutooligossacarídeos - FOS (%)	----	60 - 70

% de água nas raízes = 85,93%; ---- não avaliado.

Fonte: Nieto (1991); Vilhena (2000).

Em relação aos valores de proteínas, lipídeos e cinzas (em matéria seca) do yacon, nota-se que independente da variedade, época do cultivo, ou grau de maturação, as variações são pequenas. Para proteínas, Nieto et al. (1991), Vilhena et al. (2000) e Giovanna e Palomino (2004) pesquisaram e encontraram 3,7%, 4,3% e 3,45%, respectivamente, não apresentando variação menor que 1%.

Em suas raízes, o yacon contém armazenadas frutose, glicose, sacarose e, principalmente, frutooligossacarídeos de baixo grau de polimerização, cerca de 60%, em base seca (LAGO, 2010). Os frutooligossacarídeos (FOS) têm estrutura do tipo inulina, com ligações de frutose β 1 \rightarrow 2, com glicose terminal. O diferencial, nesse açúcar, está no fato do organismo humano não produzir enzimas capazes de hidrolisar essa ligação, sendo classificado como fibra alimentar ou como fibras solúveis (VALENTOVÁ, 2003).

Os alimentos ricos em FOS são considerados alimentos funcionais, uma vez que, não digeridos, chegam ao intestino, sofrem fermentação anaeróbica pelas bifidobactérias benéficas, liberando ácido lático, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e vitaminas (OLIVEIRA, 2005). Os ácidos graxos de cadeia curta, uma vez produzidos, diminuem o pH e controlam o crescimento de bactérias malélicas ao organismo. Estudos, ainda, mostram que o consumo de alimentos ricos em FOS reduz a glicose sanguínea (GRECA et al., 2003).

Os AGCC (acetatos, propionatos e butiratos), produzidos através da fermentação do FOS, promovem inúmeros benefícios à saúde, como induzem a saciedade, aumentam o metabolismo de lipídeos e colesterol, previnem o câncer colorretal, evitam atrofia da mucosa intestinal, estimulam respostas imunes do intestino, dentre outros benefícios que, ainda, estão em estudos (COSTA; GUIMARÃES; SAMPAIO, 2012).

Genta (2005) comprovou o benefício dessa “fibra” solúvel, em ensaio biológico (ratos), em que a ingestão de 7 g de FOS, por peso corporal, diminuiu, significativamente, o índice de triglicérides sanguíneo.

Os altos níveis de frutanos em suas raízes (40 a 70%), os assemelham a chicória (68%) (*Cichorium intybus*) e alcachofra de Jerusalém (55%) (*Helianthus tuberosus*), todos da família *Asteraceae*, porém, ao contrário das outras espécies, a maior parte dos frutanos no yacon é de baixo grau de polimerização (conhecidos como FOS), uma vez que a chicória e a alcachofra de Jerusalém possuem alto grau de polimerização (inulinas). Dessa forma, o yacon torna-se fonte natural de FOS, sem que haja a necessidade de hidrólise para obtê-lo, o que ocorre com a inulina presente nas outras espécies (DOUGLAS; FOLLETT, 2005; FRUTOS et al., 2009; KIM, 2000;).

Para manter a quantidade de FOS original do tubérculo, cuidados devem ser tomados, uma vez que, durante o armazenamento pós-colheita, o conteúdo de açúcares simples (glicose, frutose e sacarose) aumenta e o de FOS diminui, em razão da ação da frutano hidrolase, enzima natural do tubérculo. A velocidade da atividade enzimática tende a aumentar com o aumento da temperatura, sendo assim, é aconselhável que o armazenamento do yacon ocorra a baixas temperaturas (SILVEIRA, 2009). Dessa forma, quanto menor for o tempo entre a colheita e o consumo do yacon, maior será a quantidade de FOS ingerida.

Outro cuidado que se deve ter com as raízes de yacon é em relação ao seu rápido escurecimento. Isso ocorre devido ao índice de compostos fenólicos, especialmente os ácidos clorogênico, ferúlico e caféico, e a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) (FONTES et al., 2012).

Neves e Silva (2007) demonstraram que em extratos provenientes do yacon, a enzima PPO mantém-se estável no intervalo de 60 a 70°C, porém é inativada completamente às temperaturas de 80 a 90 °C. O escurecimento enzimático está relacionado à oxidação dos compostos fenólicos em o-quinonas que, por sua vez, polimerizam-se, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas (NEVES; SILVAS, 2007).

Além de frutooligossacarídeos, o yacon possui pequenas quantidades de potássio (em média, 334 mg/100 g), cálcio (12 mg/100 g), compostos fenólicos (203 mg/100 g), vitamina A e alguns aminoácidos livres, tais como L-triptofano (LAGO, 2010; GRANATO, 2011).

Em relação aos compostos com potenciais antioxidantes no yacon, Takenaka (2003) descobriu a presença de um raro éster de ácido caféico, o ácido altrarico, assim como outros compostos fenólicos como ácido ferúlico, rosmarínico, gálico e seus derivados. Yan et al. (1999), também, analisaram e quantificaram esses compostos no yacon e encontraram em torno de 3,8% da massa, em base seca, como ésteres de ácido caféico (0,05 mg/mL), ácido clorogênico (48,5 µg/g) e o L-triptofano (14,6 µg/g). A atividade antioxidante do L-triptofano recebeu muita atenção, pois observou-se que o L-triptofano protege a mucosa gástrica de danos oxidativos como “stress” e isquemia.

Os compostos fenólicos incluem milhares de compostos com diferentes estruturas químicas. Encontram-se largamente em plantas e são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos. Existem cerca de cinco mil fenóis, destacando os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Esses compostos são essenciais para o crescimento e reprodução dos vegetais e nos alimentos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007).

Pesquisas comprovaram que esses compostos são poderosos antioxidantes, sendo mais potentes que a vitaminas E, C e carotenóides. Sua atividade antioxidante está em sua capacidade de doar um hidrogênio ou elétrons e sua capacidade de deslocar um elétron desemparelhado em uma estrutura aromática, protegendo moléculas biológicas contra a oxidação (FERNANDEZ-PANCHON, 2008).

Os compostos fenólicos são alvos da enzima PPO, a qual catalisa a oxigenação desses compostos a quinonas que, após polimerização, apresentam os típicos pigmentos marrons ou pretos (VALENTOVÁ, 2003). Essa é a razão do uso de meios como antioxidantes e a eliminação do oxigênio do meio, durante o descascamento e o processamento do yacon (SANTANA, 2008).

A curta vida útil, pós-colheita, desse tubérculo é um problema, no qual a elaboração de novos produtos torna-se uma solução rentável.

2.3 FERMENTADO ALCOÓLICO

O fermentado alcoólico mais antigo e, também, mais conhecido mundialmente, é o fermentado de uva (vinho). O vinho sempre exerceu um fascínio no homem e o tem acompanhado desde os primeiros passos da civilização (JACKSON, 2002).

A arte da fabricação do fermentado de uva iniciou-se na Grécia antiga e foi evoluindo com os anos. Durante o período neolítico, ocorreu a domesticação de uvas e a descoberta da fermentação. No fim do Império Romano, houve a introdução da madeira como meio de armazenamento e transporte. Já durante a Idade Média, o dióxido de enxofre foi introduzido na fabricação de vinhos como agente anti-séptico (AMERINE, 1966).

Independentemente do fermentado alcoólico ser de uva, ou de outra fruta, para a elaboração, etapas básicas devem ser seguidas, como mostra a Figura 2.

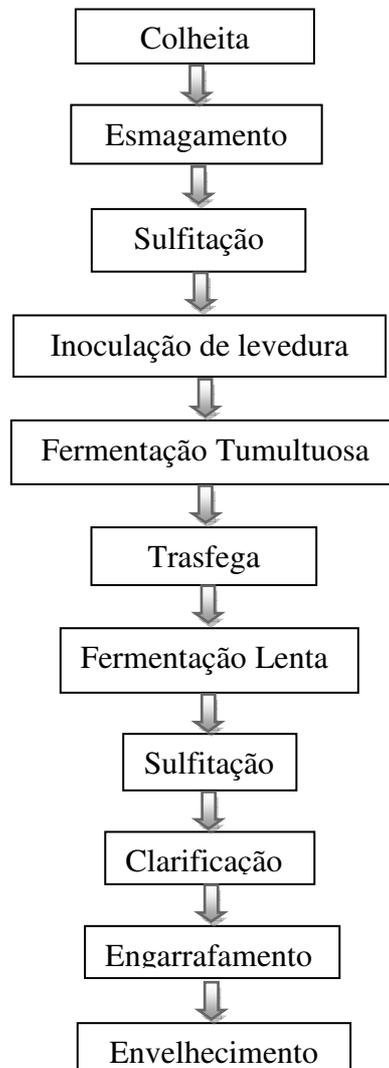


Figura 2. Fluxograma simplificado para elaboração de fermentado alcoólico.

Fonte: Asquieri et al. (1997); Asquieri, Rabelo e Silva (2008); Dias et al. (2003).

2.3.1 Colheita e Esmagamento

Para a elaboração do fermentado alcoólico é necessário a colheita de frutas maduras e sãs, pois quanto maior a quantidade de açúcar da fruta, maior será a conversão em álcool etílico. Em seguida, as frutas selecionadas e colhidas passam pelo processo de rompimento das células (esmagamento), liberando seus nutrientes e água (PRETORIUS, 2000).

Antigamente, para a fabricação do vinho, essa etapa de esmagamento era realizada com os pés dos próprios vinicultores, hoje, é um processo mecanizado, realizados nas desengaçadeiras. Esse equipamento retira o engaço (cacho da uva) e esmaga a uva sem o rompimento da semente, evitando, assim, excesso de compostos adstringentes (taninos) no vinho (FACCO, 2006). Já para a elaboração de fermentados de outras frutas, essa etapa é realizada por meio da trituração de todo material.

2.3.2 Sulfitação

Após o esmagamento, dióxido de enxofre (SO₂) é adicionado para agir como antioxidante, protegendo os compostos fenólicos do fermentado, ajudando na seleção dos microorganismos (evitando a fermentação acética), atuando como conservante e estabilizante (SWIEGERS, 2005).

Apesar de seu valor e potencial para a fabricação de vinhos, a maioria dos consumidores considera a adição de SO₂ como artificial e não saudável, uma vez que seu uso em excesso é tóxico para o organismo humano, causando dores de cabeça, náuseas e reações asmáticas (PRETORIUS, 2000). O consumo diário de sulfitos, maior que 50mg por quilograma de massa corporal, já é o suficiente para esse composto torna-se prejudicial a saúde (ZHONG et al., 2012).

Em razão dessa preocupação que, em 1989, a legislação brasileira determinou que em um litro de vinho de mesa deve conter, no máximo, um grama de sulfatos totais (BRASIL, 1988).

Ubeda et al. (1995) demonstraram em seu trabalho, que a adição de SO₂ ao mosto da fruta ajuda, também, à eliminação de leveduras selvagens, tornando a fermentação exclusiva para as *Saccharomyces cerevisiae*, além de ajudar a ativar o início da fermentação tumultuosa.

2.3.4 Inoculação da levedura

Para a elaboração de fermentados alcoólicos, o micro-organismo que há milhares de anos é utilizado, conhecido como 'levedura do vinho', é o *Saccharomyces cerevisiae*. O

resultado final da bebida fermentada depende da ação desses micro-organismos em transformar o conteúdo de açúcares em álcool, ésteres e outros compostos voláteis e não-voláteis (DIAS, 2007).

Saccharomyces cerevisiae catalisa, de forma rápida, completa e eficiente, os açúcares da fruta para etanol, dióxido de carbono e outros metabólitos menores, mas sensorialmente importantes (PRETORIUS, 2000). Além disso, ao adicionar essa levedura, em razão da fermentação, o pH do caldo começa a baixar, exercendo, mais um vez, a seleção sobre os micro-organismos (uma vez que pH baixos inibem de bactérias acéticas e oxidativas).

Existem mais de cem cepas conhecidas de *Saccharomyces cerevisiae*, cada uma delas resultará em características diferentes no fermentado final, ou seja, cada uma delas irá produzir metabólitos aromáticos e propriedades sensoriais diferentes (SWIERGERS; PRETORIUS, 2005).

Manfroi et al. (1996) recomendam o uso de leveduras liofilizadas, na proporção de duzentas miligramas por litro de mosto. Essa levedura deve ser reidratada em água, com temperatura próxima de 40°C por uma hora, antes de ser adicionada ao mosto (inoculação). Uma vez inoculada, inicia-se a fermentação alcoólica.

2.3.5 Fermentação tumultuosa (vigorosa)

Com a adição da levedura, a fermentação desenvolve-se lentamente nas primeiras cinco horas, até alcançar a temperatura de 20-22°C, momento no qual tem início a fermentação vigorosa (ASQUIERI et al., 1997).

A fermentação compreende um conjunto de reações enzimaticamente controladas, por meio das quais uma molécula orgânica é degradada em compostos mais simples, liberando energia. O processo começa quando glicose recebe dois fosfatos, fornecidos por duas moléculas de ATP (adenosina trifosfato) que, por sua vez, transforma-se em ADP (adenosina difosfato). A glicose bifosfatada transforma-se em frutose 1,6-bifosfato, que através da enzima aldolase gera duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato. Cada molécula recebe um fósforo inorgânico e se transforma em 1,3- bifosfoglicerato, que ao doar um fósforo para o ADP (liberando ATP) se torna 2-fosfoglicerato. Cada 2-fosfoglicerato libera uma molécula de água e doa mais um fósforo para o ADP (liberando ATP) se transformando em ácido pirúvico (NELSON; COX, 2002). A enzima piruvato descarboxilase (liberada pelas leveduras) transforma o ácido pirúvico em acetaldeído que, finalmente, é convertida em etanol (Figura 3) pela enzima álcool desidrogenase. Além disso, há um rendimento de duas moléculas de ATP para cada molécula de glicose utilizada (FELLOWS, 2006).

Essa etapa é a principal responsável pela transformação do açúcar em álcool, dura poucos dias (cerca de sete a doze dias) e é caracterizada por grande desprendimento de gás carbônico (CO₂), além da elevação da temperatura do meio, sendo a temperatura ideal cerca de 25 à 28 °C. Temperaturas acima de 28 °C podem inativar a atividade das leveduras e estimular o desenvolvimento de bactérias indesejáveis (FACCO, 2006).

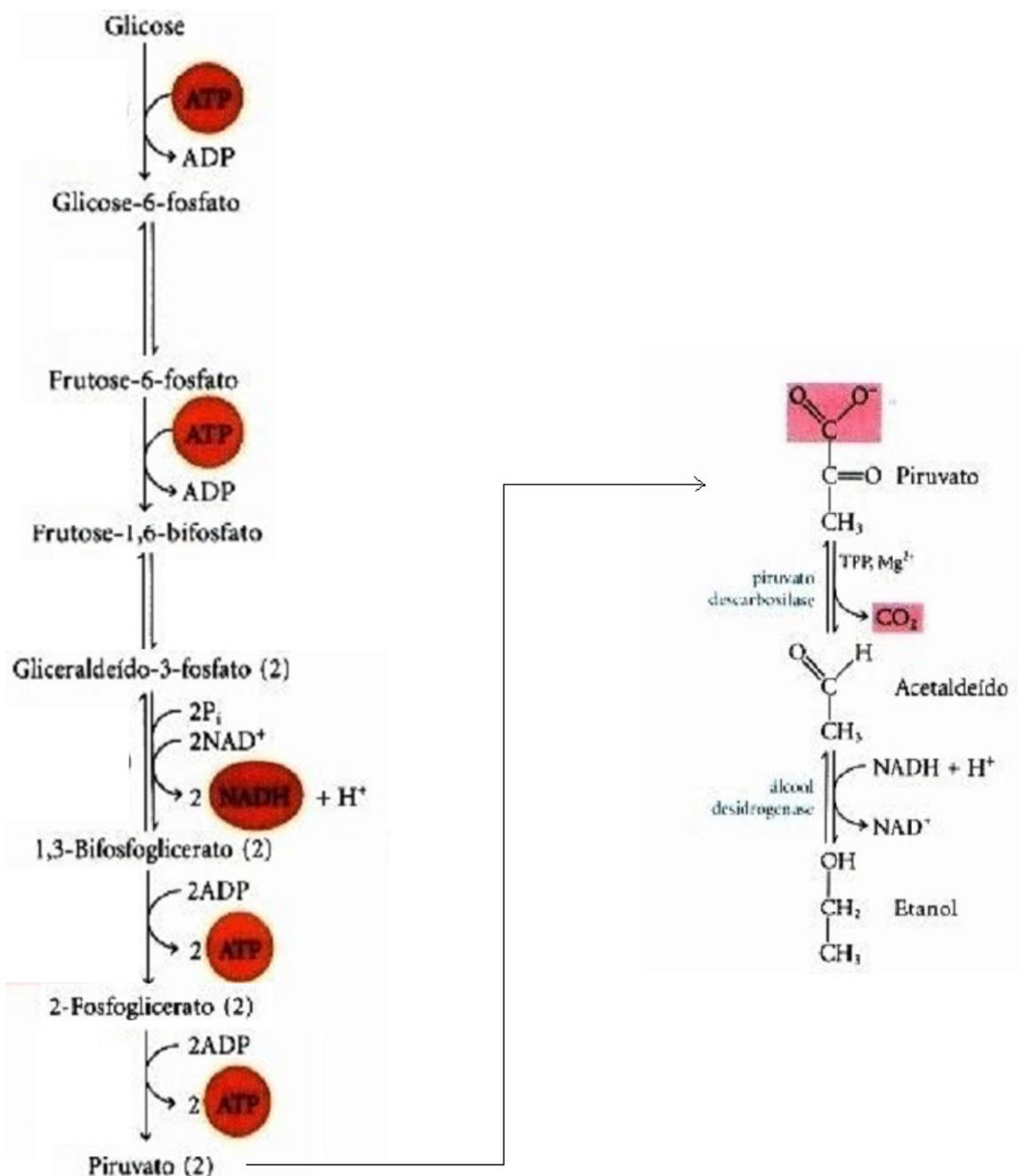


Figura 3. Etapas da fermentação alcoólica.

Fonte: Nelson; Cox (2002).

2.3.6 Trasfega

Partículas grosseiras, provenientes das frutas, leveduras selvagens, enzimas oxidantes, colóides e sedimentos podem, além de turvar o fermentado, causar percepções sensoriais prejudiciais. Para evitar esse problema, a técnica mais comum utilizada é a trasfega (PUIG-DEU, 1996).

As técnicas de trasfega têm como finalidade retirar o sobrenadante (mosto) dos resíduos (borra) depositados no fundo do galão fermentativo. Nessa etapa, deve-se tomar cuidado para não permitir a entrada de oxigênio, uma vez que a fermentação alcoólica ocorre em meio anaeróbio (ASQUIERI et al., 1997).

2.3.7 Fermentação lenta

Após a primeira trasfega, ocorre a segunda etapa da fermentação, conhecida como fermentação lenta ou fermentação malolática. Essa fermentação é responsável pela conversão enzimática (enzima descarboxilase malato) do ácido L-málico em ácido L-lático. Os principais micro-organismos envolvidos nesta etapa são as bactérias lácticas *Oenococcus*, *Lactobacillus* e *Leuconostoc* (MILLER et al., 2011).

Quando os açúcares são transformados em álcool, o nível de leveduras vai diminuindo e as bactérias lácticas vão se multiplicando. Durante o processo de descarboxilação, realizados por essas bactérias, há produção de CO₂ e fermentação das hexoses e pentoses residuais (MILLET; LONVAUD-FUNEL, 1999).

A ativação ou inibição da fermentação malolática irá depender da qualidade das etapas anteriores, ou seja, dependerá da quantidade de SO₂, etanol e ácidos graxos de cadeia curta, produzidos durante a primeira etapa de fermentação (ALEXANDRE et al., 2004). Nessa etapa de fermentação lenta, o mosto torna-se macio, reduz sua acidez e complexa os metabólitos aromáticos, realçando o sabor e aroma do fermentado (FACCO, 2006).

2.3.8 Sulfitação

Após o período de fermentação malolática, ocorre a preparação para o envelhecimento. Nessa etapa, não devem sobreviver leveduras ou bactérias, logo, é necessário, após a etapa malolática, à adição de dióxido de enxofre, inibindo qualquer micro-organismo presente (LONVAUD-FUNEL, 1999).

2.3.9 Clarificação

No final do processo, o fermentado apresenta-se turvo e instável. Essa turvação presente é composta, principalmente, por proteínas, chamadas de “nuvem protéica”. Durante todo o processamento do fermentado, as proteínas vão sendo desnaturadas e formando agregados protéicos insolúveis (POCOCK; SALAZAR; WATERS, 2011).

Para a eliminação desse problema, o fermentado passa pelo processo de clarificação ou afinamento, no qual, com o uso de agentes de colagem (gelatina, caseína, ovalbumina, glúten parcialmente hidrolisado e bentonita), este torna-se límpido e brilhante (TOLEDO, 1962).

Os agentes de colagem são substâncias capazes de induzir a floculação e, conseqüentemente, a sedimentação de componentes parcialmente solúveis no fermentado. As principais características desses agentes são o peso molecular, o ponto isoelétrico e a densidade de carga superficial. Dentre os agentes de colagem, o mais utilizado é a bentonita (ITURMENDI; DURÁN; MARÍN-ARROYO, 2010). Pocock, Salazar e Waters (2011) em recente estudo, mostraram que a adição de bentonita, junto com as leveduras, ajuda a aumentar a taxa de fermentação.

Quanto maior o conteúdo protéico da fruta utilizada para a elaboração do fermentado, maior será a quantidade de agente de colagem necessária para tornar a bebida brilhante e atraente (POCOCK; SALAZAR; WATERS, 2011).

2.3.10 Envelhecimento

Após a clarificação, vem o engarrafamento, seguido do envelhecimento. Durante o tempo de armazenamento, existem inúmeras mudanças que afetam cor, aroma, teor de fenólicos, metais, dentre outros. Essas mudanças estão, fortemente, relacionadas com as condições no armazenamento como temperatura, iluminação, cor e posição da garrafa (RECLAMES et al., 2011).

Durante o armazenamento, compostos voláteis são modificados por diferentes reações, na qual a principal delas é a hidrólise/esterificação de ésteres. Desta forma, serão realçados os compostos que originarão o ‘flavor’, principalmente, aqueles originados na fermentação, como ésteres etílicos, ésteres de acetato, álcool superiores, ácidos graxos e aldeídos (FERREIRA, 2000).

Outras características fundamentais, que sofrem alterações durante o armazenamento, são cor, amargor e adstringência. Quimicamente, essas três características estão ligadas aos

compostos fenólicos do fermentado, sejam eles flavonóides ou não (KALLITHRAKA; SALACHA; TZOUROU, 2009).

Durante o armazenamento, os compostos fenólicos passam por transformações como oxidação, condensação e polimerização. São essas mudanças que levarão a diminuição da adstringência e do amargor. Já em relação à cor, a oxidação dos compostos fenólicos à quinonas gera um dos principais defeitos do fermentado, o escurecimento. Para evitar essa indesejável característica, dióxido de enxofre é adicionado ao fermentado, evitando a formação de quinonas (JAFFRÉ et al., 2009).

2.3.11 Fermentado Alcoólico de Frutas

Além da uva, várias outras frutas podem ser utilizadas para a fabricação de mostos e serem submetidas à fermentação alcoólica por leveduras (DIAS, 2003). De acordo com o Decreto nº 2.314 (BRASIL, 1997), fermentado de fruta é a bebida com graduação alcoólica de 4 à 14 por cento em volume, a 20° C, obtida a partir da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura.

No Brasil, dispomos de grande diversidade de frutas tropicais, produzidas durante todo o ano. Algumas dessas são praticamente perdidas, devido à abundância da produção ou por não serem populares na sociedade (SANTOS, 2005). Para diminuir a perda de frutas e aumentar a renda do agricultor é necessário que novos produtos sejam desenvolvidos. Uma das opções seria a produção de fermentados alcoólicos de frutas, cuja tecnologia vem sendo, cada vez mais, estudada no mundo científico, em razão não apenas do aumento do consumo deste tipo de bebida, mas também como forma de melhorar a comercialização de frutas *in natura*, especialmente daquelas que apresentam baixa estabilidade ao armazenamento e alta perecibilidade.

Vários fermentados de frutas têm sido produzidos como é o caso do fermentado de caju, cuja fruta tem sua castanha mais valorizada, comercialmente (para produção de óleos e castanha comestível), que seu pedúnculo. A perda dessa parte suculenta do fruto chega a 85% de uma produção anual de um milhão de toneladas (NETO et al., 2006).

Outro exemplo é a jabuticaba, que apresenta alto custo de produção, dificuldade de colheita e alta perecibilidade. A produção de fermentado alcoólico pode trazer benefícios aos pequenos produtores rurais, ajudando a aumentar a renda familiar e agregando valor econômico (ASQUIERI et al., 1997).

As frutas que já geraram pesquisas nessa área, em diversas partes do mundo, são: fermentado de amora na Espanha (PEREZ-GREGÓRIO et al., 2011), fermentado de melão

na Nigéria (OMOYA; AKHARAIYI, 2008), fermentado de gabioba no Brasil (DUARTE et al., 2009) e fermentado de morango em Portugal (SANTO et al., 2012). Dessa forma, nota-se a importância, não só da tecnologia de fermentados, assim como o estudo de suas características químicas, físicas e sensoriais para o mercado de bebidas.

2.4 ANÁLISE SENSORIAL DE VINHO

A qualidade sensorial final do fermentado depende da interação de vários componentes químicos, uma vez que há inúmeros componentes de aroma e sabor. Por exemplo, terpenos, ésteres, metoxipirazinas e aldeídos distinguem aromas como floral, frutado, apimentado e amadeirado. Já açúcares, polióis, sais, polifenóis e flavonoides são responsáveis pelos sabores doce, azedo, salgado e amargo. Compostos como glicerol e polissacarídeos contribuem para viscosidade e sensação aveludada na boca (LILLY et al., 2006).

A técnica sensorial mais estudada e conceituada no mundo é a de vinhos, sendo sua principal característica a capacidade do provador de se concentrar nas características do produto, enquanto o degusta. Geralmente, as amostras, de trinta a cinquenta mililitros, são servidas em taças no formato de tulipa (Figura 4) e as características analisadas abrangem aparência, odor, sensação à boca e percepção residual (JACKSON, 2002).



Figura 4. Análise sensorial de aparência, odor, sensação à boca e percepção residual de vinho.

Fonte: Jackson (2002).

Jackson (2002) explica cada etapa da sensorial. A etapa I é, geralmente, a primeira etapa da sensorial, ou seja, avaliação da aparência. Nessa etapa, para melhorar a transmissão da luz, a taça é inclinada contra um fundo branco, o que irá produzir uma borda curva no

vinho, por meio do qual a aparência pode ser melhor avaliadas. São analisadas claridade (todos os vinhos devem ser brilhantes, pois turbidez é inaceitável), cor (as principais características desse item são tonalidade e profundidade), viscosidade (resistência do vinho em fluir – o açúcar, o glicerol e o álcool influenciam esse item) e lágrimas (são gotas que caem na parede da taça após a agitação).

Na etapa II, é analisado o odor do vinho, ou seja, os compostos voláteis aromáticos da bebida. Algumas características olfativas foram sendo descritas como frutal, floral, amadeirado e outros, mas o mais importante é, independentemente do aroma identificado, a intensidade deste presente na bebida (SWIEGERS et al., 2005).

Já na percepção à boca (etapa III) são analisadas as características de doce, ácido, amargo, adstringência e a sensação de formigamento (deixada pelo etanol). Na última etapa (IV), analisa-se a percepção residual do vinho, ou seja, as sensações aromáticas e de sabor que persistem ao engolir a bebida (JACKSON, 2002).

A utilização de provadores treinados para fornecer um perfil descritivo de fermentados está sendo comum para a avaliação sensorial desse produto. Esse treinamento é importante, pois unifica o significado e a intensidade de todos os termos descritivos, minimizando as diferenças entre provadores, tornando a análise mais homogênea. Para os fermentados alcoólicos não há uma padronização na análise descritiva, dependendo do grupo de provadores treinados os atributos, intensidades e notas poderão sofrer variação (KING; HALL; CLIFF, 1999; ALVARÉZ et al., 2011).

Existem inúmeras técnicas para a análise sensorial de fermentados, dentre elas, as mais utilizadas, são as de perfil livre (RICHTER et al., 2010), escala hedônica estruturada (ASQUIERI; RABELO; SILVA, 2008) e não estruturada (BEHRENS; SILVA, 2000). Já para as análises estatísticas, são comum à análise de componente principal (PCA), regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) e análise de variância (ANOVA) (ALVARÉZ et al., 2011).

Dessa maneira, a qualidade sensorial de um fermentado torna-se uma característica de extrema importância, pois é seu aroma e sabor que irão diferenciar os vários fermentados produzidos ao redor do mundo.

A escolha desses testes e análise irá depender sempre do pesquisador e do tipo de pesquisa que está sendo feita àquele fermentado alcoólico.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, H. et al. *Saccharomyces cerevisiae* – oenococcus oeni interactions in wine: current knowledge and perspectives. **International Journal of Food Microbiology**, v.93, n. 2, p.141–154. 2004.
- AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Analisis de vinos y mostos**. Zaragoza: Acribia, 1976
- ANGELO, P.M; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.
- ASQUIERI, E. A; CANDIDO, M.A; DAMIANI, C; ASSIS, E. M. Fabricacion de vino Blanco y tinto de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba Berg*) utilizando la pulpa y cascara respectivamente. **Alimentaria**, v.4, p. 97-109, 1997.
- ASQUIERI, E.R; RABÊLO, A. M. S; SILVA, A. G. M. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n. 4, p.881-887, 2008.
- BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Avaliação da aceitação de vinhos brancos varietais brasileiros através de testes sensoriais afetivos e técnica multivariada de mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 214-220, 1999.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria n.º 229. **Ministerio da Agricultura e do Abastecimento**, Brasilia, 25 de outubro de 1988.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Decreto n.º 2.314. **Ministerio da Agricultura e do Abastecimento**, Brasilia, 04 de setembro de 1997.
- COSTA, G.T; GUIMARÃES, S.B; SAMPAIO, H.A. Fructo-oligosaccharide effects on blood glucose. An overview. **Acta Cirurgica Brasileira**, v.27, n.3, p.212-279, 2012.
- CHUDA, Y.; SUZUKI, M.; NAGATA, T.; TSUSHIDA, T. Contents and cooking loss of three quinic acid derivatives from Garland (*Chrysanthemum coronarium*L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n.4, p.1437-1439, 1998.
- DIAS, D. R; SCHWAN, R.F; LIMA, L.C. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin L*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 342-350, 2003.
- DIAS, D.R; SCHWAN, R.F; FREIRE, E.S; SERÔDIO, R.S. Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao*L.) pulp. **International Journal of Food Science and Technology**. v.42, n.3, p.319-329, 2007.
- DOUGLAS, J. A.; FOLLETT, J. M.; WALLER, J. E. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science Effect of propagule weight on production of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. v.33, n.2, p. 37-41, 2005.

DOUGLAS, J.A; FOLLETT, J.M; DOUGLAS, M. H; DEO, B; SCHEFFER, J.J; LITTLER, R. A; MANLEY-HARRIS, M. Effect of environment and time of planting on the production and quality of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) storage roots. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**,v. 35, n. 1, p. 107-116, 2007.

ESTRELLA, J.E; LAZARTE, J.E. In Vitro Propagation of Jícama (*Polymnia sonchifolia* Poeppig & Endlicher): A Neglected Andean Crop. **HortScience**, v.29, n.4, p.331, 1994.

FACCO, E.M. Compostos Funcionais no processamento de vinhos. Tese de doutorado. UNICAMP, Campinas, 2006.

FANTE, L. et al. Study of Enzyme Inactivation Using Steam in Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) Roots. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.36, n. 1, p. 1-8, 2012.

FERREIRA, V., LÓPEZ, R., CACHO, J. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 11, p. 1659–1667, 2000.

FELLOWS, P. J. **Fermentação**. In: Tecnologia do Processamento de Alimentos, Edição nº2; Editora Artmed, Porto Alegre, Brasil, 2008.

FERNANDEZ-PANCHON, M.S; VILLANO, D; TRONCOSO, A.M; GARCIA-PARRILLA, M.C. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds: From In Vitro Results to In Vivo Evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.48, n. 3, p. 649-671, 2008.

FRUTOS, M. J; GUILABERT-ANTÓN, L; TOMÁS-BELLIDO, A; HERNÁNDEZ-HERRERO, J.A. Effect of Artichoke (*Cynara scolymus L.*) Fiber on Textural and Sensory Qualities of Wheat Bread. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 49, p. 49-54, 2009.

GENTA, S.B; CABRERA, W.M; GRAU, A; SANCHEZ, S. Subchronic 4-month oral toxicity study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 43, n.11 ,p. 1657-1665, 2005.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995.

GIOVANNA, R.; PALOMINO, Q. Obtención y caracterización físico-química del harina de yacon. Huancayo-Perú: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNCP, 2004.

GONÇALVES, P.V. Desenvolvimento de massa alimentícia funcional à base de extrato em pó e farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) e farinha de arroz por processo de extrusão termoplástica. Dissertação. UNICAMP, Campinas, 2010.

GOTO,K; FUKAI,K;HIKIDA,J; NANJO,F; HARA,Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). Bioscience **Biotechnology & Biochemistry** .v.59,n.12, p.2346-2347,1995.

GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, M; GONZÁLEZ-BARREIRO, C; CANCHO-GRANDE, B; SIMAL-GÁNDARA, J. Relationships between *Godello* white wine sensory properties and its

aromatic fingerprinting obtained by GC–MS. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 890-898, 2011.

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**, v. 86, n. 2, p. 157–165, 2004.

GRANATO, D.; KATAYAMA, F. C. U.; DE CASTRO, I. A. Phenolic composition of South American red wines classified according to their antioxidant activity, retail price and sensory quality. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p. 366-373, 2011.

GRAU, A; REA, J. .Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp.&Endl.) H. Robinson. In: Hermann, M.; Heller, J. (eds) Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized crops. Rome, International Plant Genetic Resources Institute. p.199-242, 1997. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/market/ARTChermann/yacon.pdf>>. Acesso: 4 agosto. 2012.

GRECA, F.C; BIONDO-SIMÕES, M.L; COLLAÇO, L.M; MARTINS, V.D; TOLAZZI, D.R; GASPARETTO, E.L; SANTOS, E.A. A ação dos ácidos graxos de cadeia curta na cicatrização de anastomoses colônicas estudo experimental em ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 30, n.4, 2003.

ITURMENDI, N; DURÁN, D; MARÍN-ARROYO, R. Fining of red wines with gluten or yeast extract protein. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n.2, p.200-207, 2010.

JACKSON, R.S. Wine Tasting: a professional handbook. **Food Science and Technology International Series**. Ed. Elsevier, California, Estados Unidos, 2002.

JAFFRÉ, J. et al. Burgundy red wines: Representation of potential for aging. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 7, p. 505-513, out. 2009.

KALLITHRAKA, S.; SALACHA, M. I.; TZOUROU, I. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of white wine during bottle storage: Accelerated browning test versus bottle storage. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 500-505, 2009.

KIM, M. The water-soluble extract of chicory reduces cholesterol uptake in gut-perfused rats. **Nutrition Research**. v. 20, n. 7, p.1017-1026, 2000.

KING, M.C; HALL, J; CLIFF, M.A. A comparison of methods for evaluating the performance of a trained sensory panel. **Jornal of Sensory Studies**, v. 16, n. 2, p. 567-581, 1999.

LAGO, C.C. Estudo do suco concentrado de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Dissertação. UNICAMP, Campinas, 2010.

LILLY, M., BAUER, F. F., STYGER, G., LAMBRECHTS, M. G., & PRETORIUS, I. S. The effect of increased branched-chain amino acid transaminase activity in yeast on the production of higher alcohols and on the flavour profiles of wine and distillates. **FEMS Yeast Research**, v. 6, n.5, p. 726–743, 2006.

MALDONADO, S. et al. Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p. 251-256, 2008.

MANFROI, V; RIZZON, L.A. Influência do tempo de maceração e do número de recalques nas características físico-químicas e minerais do vinho carbenet sauvignon. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v, 30, n. 1, p. 60-65, 1996.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A. Conservación y uso de La biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Uma década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Jarabe de yacón: principios y procesamiento. Lima: **Centro Internacional de La Papa**, 40p, 2005.

MILLET, V; LONVAUD-FUNEL, A. The effect of sulphur dioxide on micro-organisms during the ageing of red wines. **Journal of Science Technology Tonnellerie**, v.5, p. 37-45, 1999.

MILLER, B.J; FRANZ, C.M.A. Expression of the Malolactic Enzyme Gene (mle) from *Lactobacillus plantarum* Under Winemaking Conditions. **Current Microbiology**, v. 62,n. 5, p. 1682 – 1688, 2011.

NAKANISHI, T. Cultivation of yacon. **Nogyo oyobi Engyo**, v.72,n.1, p. 44-50, 1997.

NELSON, D.L; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. Editora Artmed, 3ª Edição, São Paulo, 2002.

NEVES, V. A.; DA SILVA, M. A. Polyphenol oxidase from yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 6, p. 2424-30, 21 mar. 2007.

NETO, A. B. T; SILVA, M. E; SILVA, W. B; SWARNAKAR, R; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale L.*). **Química Nova**, v. 29, n.1, p. 489-492, 2006.

NIETO C.C. Agronomical and bromatological studies on yacon (*Polymnia sonchifolia*Poepp. & Endl.). **Instituto Nacional de Inuestimento Agropecuario**, Quito-Ecuador. Nutrition programs in Latin America, v. 41, p. 213-221, 1991.

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 & Plant Nutrition**, v.36, n.1, p. 167-171, 1990.

OMOYA, F.O; AKHARAIYI, F.C. Studies on Qualitative and Quantitative Characterization of Alcoholic Beverages from Tropical Fruits. **Research Journal of Microbiology**,v. 3, n.5, p.429-435, 2008.

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, n. 1, p. 40-46, jan. 2011.

OLIVEIRA, M.A; NISHIMOTO, E.K.. Caracterização e quantificação dos carboidratos de reservas das raízes de yacon mantidas sob condições ambientais e refrigeração. **Revista raízes, amidos tropicais**, v. 1, out., p. 30-39, 2005.

OLIVEIRA, M. E. S. et al. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2391-2400, 2011.

PÉREZ-GREGORIO, M. R. et al. Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1793-1801, 2011.

POCOCK, K.F; SALAZAR, F.N; WATERS, E.J. The effect of bentonite fining at different stages of white winemaking on protein stability. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, n.2, p.280-284, 2011.

PUIG-DEU,M; LOPEZ-TAMAREZ, E; BUXADERAS, S; TORRE-BORONAT, M.C. Influence of must racking and fining procedures on the composition of white wine. **Vitis**. v.35, n. 3, p. 141-145, 1996.

RECAMALES, A.F; GALLO, V; HERNANZ, D; GONZÁLEZ-MIRET, M.L; HEREDIA, F.J. Effect of time and storage conditions on major volatile compounds of zalema white wine. **Journal of Food Quality**, v.34, n.2, p. 100-110, 2011.

RICHTER, V.B; ALMEIDA, T.C; PRUDENCIO, S.H; BENASSI, M.T. Proposing a ranking descriptive sensory method. **Food Quality and Preference**, v. 21, n.6, p. 611-620, 2010.

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.

SANTO, D. E;GALEGO, L; GONÇALVES, T; QUINTAS, C. Yeast diversity in the Mediterranean strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits fermentations. **Food Research International**, v. 47, n. 1, p. 45-50, 2012.

SANTOS, S. C. Elaboração e Análise Sensorial do Fermentado de Acerola (*Malpighia Punicifolia* L.). **Brazilian Journal of food Technology**. 5º SIPAL. p. 47-50, 2005.

SEMINARIO, J; VALDERRAMA, M; MANRIQUE, I.El yacon: fundamentos para El aprovechamiento de um recurso promisorio. Centro Internacional de La Papa(CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para El Desarrollo y La Cooperacion (COSUDE), Lima, Peru. 60p, 2003.

SILVEIRA, N.D. O emprego da metodologia de superfície de resposta no desenvolvimento de um novo produto simbiótico, fermentado com *Enterococcus faecium* CRL 183 e *Lactobacillus helveticus* ssp *jugurti* 416, à base de extratos aquosos de soja e de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Dissertação. UNICAMP, Campinas, 2009.

SWIERGERS, J. H., & PRETORIUS, I. S. Yeast modulation of wine flavour. **Advances in**

Applied Microbiology, v. 57, n. único, p. 131–175, 2005.

SWIEGERS, J. H., BARTOWSKY, E. J., HENSCHKE, P. A.; PRETORIUS, I. S. Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 11, n.2 , p.139–173, 2005.

TAKENAKA, M. et al. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 793-6, 2003.

TOLEDO, O.Z. Colagem de vinho branco – comportamento de vários agentes clarificadores. **BRAGANTIA –Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo**, v.21, n.32, p.571-589, 1962.

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

VALENTOVÁ, K. et al. The biological and chemical variability of yacon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 4, p. 1347-52, 22 fev. 2006.

VALENTOVA, K; STEJSKAL, D; BARTEK, J; DVORACKOVA, S; KREN, V; ULRICHOVA, J. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: in vivo safety assessment. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.3, p.1006–1013, 2007.

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

VOLPE, P.L.O. Estudo da fermentação alcoólica de soluções diluídas de diferentes açúcares utilizando microcalorimetria de fluxo. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 528-534, 1996.

ZHONG, Z. et al. A rapid distillation method coupled with ion chromatography for the determination of total sulphur dioxide in foods. **Food Chemistry**, v. 131, n. 3, p. 1044-1050, abr. 2012.

CAPÍTULO 2 (Artigo científico 1)

ARTIGO 1

**FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*): MONITORAMENTO QUÍMICO DURANTE
PROCESSO DE ELABORAÇÃO**

**FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*):
MONITORAMENTO QUÍMICO DURANTE PROCESSO DE ELABORAÇÃO**

BRANDÃO, C.C.¹; ASQUIERI, E.R.²; DAMIANI, C.³. Fermentado alcoólico de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): obtenção e monitoramento. Patente INPI nº BR 10 2012 005273 3

RESUMO

O yacon, considerado alimento funcional, em razão do teor de frutooligossacarídeos, possui baixo consumo, devido à alta perecibilidade e somado com pouco volume de produção. Com o crescimento no mercado dos fermentados alcoólicos, o fermentado de yacon seria uma alternativa promissora. Dessa forma, o objetivo do estudo foi desenvolver o fermentado e monitorar quimicamente, as alterações ocorridas durante o processo de elaboração. Raízes de yacon foram submetidas à fermentação alcoólica e o mosto formado foi monitorado (temperatura, pH, acidez total titulável e teor sólidos solúveis) por 10 dias (fermentação rápida), sendo que o final desse período foi determinado pela estabilização do teor de sólidos solúveis (10,9°BRIX). Posteriormente, iniciou-se a fermentação lenta, na qual se monitorou (densidade, cinzas, acidez total titulável e volátil, taninos e açúcares redutores) seus parâmetros por 90 dias, sendo que a cada 30 dias uma trasfega era realizada. Durante esse período de três meses, o único parâmetro que obteve variação significativa ($p < 0,05$), foi a acidez total titulável, que diminuiu com o tempo. Dessa forma, houve condições de se produzir um fermentado alcoólico, a partir do yacon, dentro dos padrões de legislação brasileira.

Palavras-chave: yacon, *Smallanthus sonchifolius*, fermentado alcoólico, monitoramento químico.

FERMENTED ALCOHOLIC OF YACON (*Smallanthus sonchifolius*): CHEMICAL MONITORING DURING PROCESS

BRANDÃO, C.C.; ASQUIERI, E.R.; DAMIANI, C. Fermentado alcoólico de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): obtenção e monitoramento. Patente INPI nº BR 10 2012 005273 3

ABSTRACT

The yacon, considered functional food, because the content of fructooligosaccharides, has low consumption due to high perishability and added with low production volume. With the growth in the market of alcoholic beverage, an alcoholic fermented of yacon would be a promising alternative. Thus, the aim of the study was to develop and monitor chemically the changes during the process. Yacon roots underwent alcoholic fermentation and the broth formed was monitored (temperature, pH, titratable acidity and soluble solids content) for 10 days (rapid fermentation), and the end of that period was determined by the stabilization of soluble solids (at 10.9 ° BRIX). Later, during the slow fermentation (90 days), was monitored density, ash, total and volatile acidity, tannins and sugars and every 30 days was performed one racking. The only parameter that has obtained significant variation ($p < 0.05$), was the total acidity, which decreased with time. Thus, there was able to produce a fermented alcoholic of yacon within the Brazilian law standards.

Keywords: yacon, *Smallanthus sonchifolius*, fermented alcoholic, chemical monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A fermentação é um dos meios mais antigos utilizados pelo homem para produzir e conservar alimentos e bebidas. A utilização de micro-organismos é caracterizada pela necessidade limitada de energia, para sua ativação, permitindo, muitas vezes, que o processo ocorra espontaneamente, sem a aplicação de calor ou qualquer outro tipo de energia (ACHI, 2005; CARMONA-GUTIERREZ et al., 2012).

Os alimentos e bebidas fermentadas são de grande importância para o mercado mundial, uma vez que, as propriedades nutricionais e sensoriais da matéria-prima, são melhoradas por meio do processo fermentativo, assim como o prolongamento de sua via útil (OSORIO-CADAVID et al., 2008; SANTOS et al., 2012).

Dentre as bebidas fermentadas, as mais populares são as que passam pelo processo de fermentação alcoólica pelas leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Em países da América do Sul, devido suas origens indígenas, há uma diversidade de bebidas fermentadas, provenientes de diferentes matérias-primas como arroz, trigo, cana de açúcar e outros. Porém, a bebida alcoólica mais consumida e conhecida do mundo é proveniente das uvas, o vinho (OSORIO-CADAVID et al., 2008).

Para a qualidade do vinho é extremamente importante o papel da *Saccharomyces cerevisiae*, durante o processo de fermentação, influenciando na viscosidade, na cor, no corpo, no aroma e no sabor do vinho final, sendo que a utilização de diferentes cepas dessa levedura, fornecerão diferentes características sensoriais no vinho (CAPECE et al., 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro do Vinho (IBRAVIN, 2012), em 2011, foram produzidos 82 milhões de quilogramas de uvas no Brasil, das quais cerca de 45% foram destinadas à indústria vinícola, com produção de 461 milhões de litros de vinho, o que corresponde a 13% a mais que no ano de 2004.

Apesar de o vinho ser o fermentado alcoólico mais produzido e consumido, outros fermentados, também, já estão disponíveis no mercado, como o fermentado de jabuticaba (ASQUIERI; RABELO; SILVA, 2008) e o fermentado de caju (ARAÚJO et al., 2011). Dessa forma, é necessário o incentivo para que outras frutas não sejam desperdiçadas e possam gerar fermentados alcoólicos diversos.

O yacon, originário dos Andes, é uma raiz tuberosa que armazena frutooligossacarídeos (FOS). O diferencial dos FOS está no fato desse açúcar não ser digerido pelo organismo humano, isto é, o organismo não é capaz de produzir enzimas para hidrolisá-

lo, sendo assim classificado como fibra alimentar ou como fibras solúveis (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003; SANTANA; CARDOSO, 2008; OJANSIVUA et al., 2011).

Mesmo com seu benefício à saúde, o yacon ainda é pouco produzido e consumido, e possui a desvantagem de ter rápida deterioração pós-colheita. Para que esses problemas sejam minimizados, há a necessidade de maiores pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos à base de yacon, incentivando os agricultores na produção desse tubérculo e estendendo sua vida útil pós-colheita.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo desenvolver fermentado alcoólico de yacon, monitorando os principais atributos químicos durante o processo de elaboração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) foi adquirido na Central de Abastecimento de Goiás (CEASA-GO). As leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para a produção do fermentado proposto, assim como as garrafas para o armazenamento, foram adquiridos no comércio local de Goiânia - GO.

2.2 CARACTERIZAÇÃO YACON (*Smallanthus Sonchifolius*)

O yacon foi caracterizado por meio das análises em triplicata de umidade, de cinzas, de proteína, de lipídeos, de teor de sólidos solúveis (AOAC, 2006), de carboidratos totais (DUBOIS et al., 1956), de açúcares redutores (MILLER, 1959), de frutose total e FOS (JERMYM, 1956) e valor energético total que foi calculado multiplicando-se as porcentagens totais de lipídeos, proteína e carboidratos solúveis pelos seus valores calóricos respectivos: 9, 4 e 4 kcal – (fatores de conversão de Atwater).

2.3 ELABORAÇÃO DO MOSTO DE YACON (ALGUNS DADOS FORAM OMITIDOS EM RAZÃO DA PATENTE Nº BR 10 2012 005273 3)

O yacon foi processado no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Goiás. Os frutos foram selecionados e somente aqueles que não apresentaram injúrias mecânicas visuais foram utilizados para a elaboração do fermentado.

O yacon foi lavado, sanitizado, fatiado, imerso em solução de metabissulfito de sódio, a fim de evitar o escurecimento enzimático e, em seguida, as fatias foram trituradas. O caldo sofreu sulfitação e correção do teor de sólidos solúveis, com adição de açúcar cristal comercial, levando-se em consideração que 2°BRIX são transformados em 1°GL após a ação das leveduras no processo de fermentação (CORAZZA et al., 2001). Para o início da fermentação, foi feito o pé de cuba (levedura e caldo yacon), para que, posteriormente, fosse acrescentado ao volume total de caldo.

2.3.1 Monitoramento fermentação vigorosa

A fermentação vigorosa foi acompanhada e monitorada por dez dias, mais tempo zero, por meio de análises diárias de temperatura, de acidez total titulável, de pH (BRASIL, 1988) e de teor de sólidos solúveis (AOAC, 2006). A fermentação vigorosa durou até a estabilização do teor de sólidos solúveis. Em seguida, foi realizada a primeira trasfega do mosto fermentado para um galão de polietileno de alta densidade (PEAD), adicionado metabissulfito de sódio, para evitar o crescimento de leveduras selvagens e bactérias indesejáveis, durante a fermentação lenta.

2.3.2 Monitoramento fermentação lenta

A fermentação lenta foi acompanhada e monitorada por noventa dias, sendo que em intervalos de trinta dias a trasfega era realizada, para que a borra concentrada presente no fundo do recipiente fosse eliminada. Mensalmente, eram monitoradas densidade, acidez total titulável (NaOH), acidez volátil, cinzas (BRASIL, 1988), açúcares redutores (MILLER, 1959) e taninos (ZIELISKI; KOZOWSKA, 2000).

Após noventa dias, o fermentado foi clarificado com uso de bentonita, filtrado à vácuo com celite e kielseghur, medido o grau alcoólico (BRASIL, 1988), engarrafado e armazenado à 15°C para o “envelhecimento” de um ano.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a tabulação dos dados das análises químicas, foi utilizado o programa Microsoft® Excel 2007 e para análise estatística o software SPSS® for Windows®, versão 15.0. A avaliação da influência dos parâmetros em relação ao tempo de fermentação foi realizada pela aplicação do teste Friedman e, para comparação pareada das variáveis em relação ao tempo, foi utilizado o teste Wilcoxon. Ambos os testes foram aplicados com o nível de significância de $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO YACON

A determinação das características químicas das raízes de yacon (Tabela 1) foi realizada pré-processo de fermentação alcoólica. O teor de sólidos solúveis encontrado foi baixo para a produção de um fermentado, por isso, houve a necessidade de acréscimo de açúcar cristal comercial até o teor de sólido solúvel desejado. Segundo Santos et al. (2005), são raras as vezes em que uma fruta encontra-se madura o suficiente para alcançar o teor de sólidos solúveis necessário para produção de fermentado sem a adição de açúcar.

Tabela 1. Composição química da raiz de yacon, por 100 g da porção comestível, em base seca.

Análise	Valor médio \pm desvio padrão
Cinzas	3,70 \pm 0,070
Proteínas	4,85 \pm 0,173
Lipídios	0,90 \pm 0,035
Carboidratos totais	89,80 \pm 4,80
Frutose total	56,47 \pm 0,970
Açúcares redutores	24,05 \pm 0,130
FOS	32,43 \pm 0,971

Cinzas representam a parte inorgânica da matéria, sendo assim, ponto de partida para análise de minerais. O teor de cinzas, aqui analisado do yacon não variam muito ao por Nieto et al. (1991) e Vilheta et al. (2000), os quais determinaram valores de 3,5 e 3,56, respectivamente.

O yacon apresentou baixo teor lipídico e proteico, contribuindo para a produção de fermentado sem a necessidade de pré-tratamentos como de purificação e clarificação do caldo. Vilhena et al. (2000), também, encontraram nas raízes teor protéico de 4,34%, enquanto Nieto et al. (1991) conseguiram 1,66% de teor lipídico. Maldonado et al. (2008) realizaram a caracterização de espécies de yacon nativas da Argentina e encontraram, em base seca, 1,33% de proteína e 0,16% de teor lipídico nas raízes. Todos os resultados, inclusive os do presente trabalho, mostraram estar numa faixa de proximidade e abaixo de 5%, como afirma Seminario e Valderrama (2003).

Manrique et al. (2005) afirmaram que as raízes de yacon possuem cerca de 90% de carboidratos totais, representados pelos açúcares, fibra e FOS. Mas a quantidade desses constituintes é de extrema variabilidade, uma vez que dependem da cultivar, da época de cultivo e de pós-colheita, do solo, do tempo e, principalmente, da temperatura pós-colheita (SANTANA; CARDOSO, 2005). Douglas et al. (2007) analisaram raízes colhidas em diferentes meses (setembro a novembro) e demonstraram que a época da colheita também influencia. Levando em consideração o clima tropical do Brasil e que quanto maior a temperatura pós-colheita, menor é a quantidade de FOS e maior a quantidade de açúcares redutores, o presente trabalho encontrou um valor próximo dos apresentados por Manrique et al. (2005), que foram de 30 à 40% de FOS.

Se a quantidade de carboidratos é variável, conforme os fatores já mencionados, a quantidade de FOS e por consequência de sólidos solúveis são, ainda, mais sensíveis. O FOS, que é o principal componente de destaque desse tubérculo, após a colheita, torna-se alvo de enzimas capazes de degradar frutanos como sacarose-frutossiltransferase, frutano frutossiltransferase e frutano hidrolase. Essa, talvez, seja a razão para tanta discórdia em relação a esse constituinte. Seminario e Valderrama (2003), assim como Santana e Cardoso (2008) afirmaram que, em base seca, a quantidade de FOS em yacon pode variar de 40 à 70% intervalo compatível com o valor encontrado no presente estudo. Já Lachman et al. (2003) e Itaya et al. (2002) afirmaram que as raízes podem acumular mais de 60%. Douglas et al. (2007) encontraram valor máximo de 45% de FOS em diferentes cultivares de yacon analisadas, comprovando, mais uma vez, a instabilidade desse constituinte.

Os FOS são uma importante característica do yacon, uma vez que, são considerados alimentos funcionais, já que, não digeridos, chegam ao intestino, sofrem fermentação anaeróbica pelas bifidobactérias benéficas, liberando ácido lático, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e vitaminas (OLIVEIRA, 2005). Os ácidos graxos de cadeia curta, uma vez produzidos, diminuem o pH e controlam o crescimento de bactérias maléficas ao organismo. Estudos, ainda, mostram que o consumo de alimentos ricos em FOS reduzem a glicose sanguínea (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Em relação ao teor de açúcares, Scher et al. (2009) encontraram um valor superior (49%) de açúcar redutor que o presente trabalho (24%) e, ainda, afirmam que esses valores estão de acordo com os estudos sobre yacon.

Já o valor energético do yacon é baixo em relação a outros tubérculos (como batata inglesa, mandioca, batata-doce), que tem como fonte de energia o amido. O valor energético do yacon, calculado com base nos fatores de conversão de Atwater, foi de 41,58 kcal em base úmida. Já a batata e a mandioca possuem 91,78 kcal (LEWU et al., 2010) e 125 kcal (TACO, 2006), respectivamente .

3.2 FERMENTAÇÃO VIGOROSA

As principais características da etapa de fermentação vigorosa são o crescimento celular, a rápida e crescente produção de etanol e a liberação de CO₂, que é visualizada pela grande formação de bolhas no interior da massa, cerca de três horas após o inóculo da levedura. Sua duração pode ser de 3 a 12 dias, dependendo da quantidade de açúcar e levedura inoculada (ANDRADE et al., 2003; FELLOWS, 2008).

Nesta etapa, as principais características do mosto foram monitoradas durante os 10 dias de fermentação vigorosa e extraídas as equações de seus comportamentos (Figura 1).

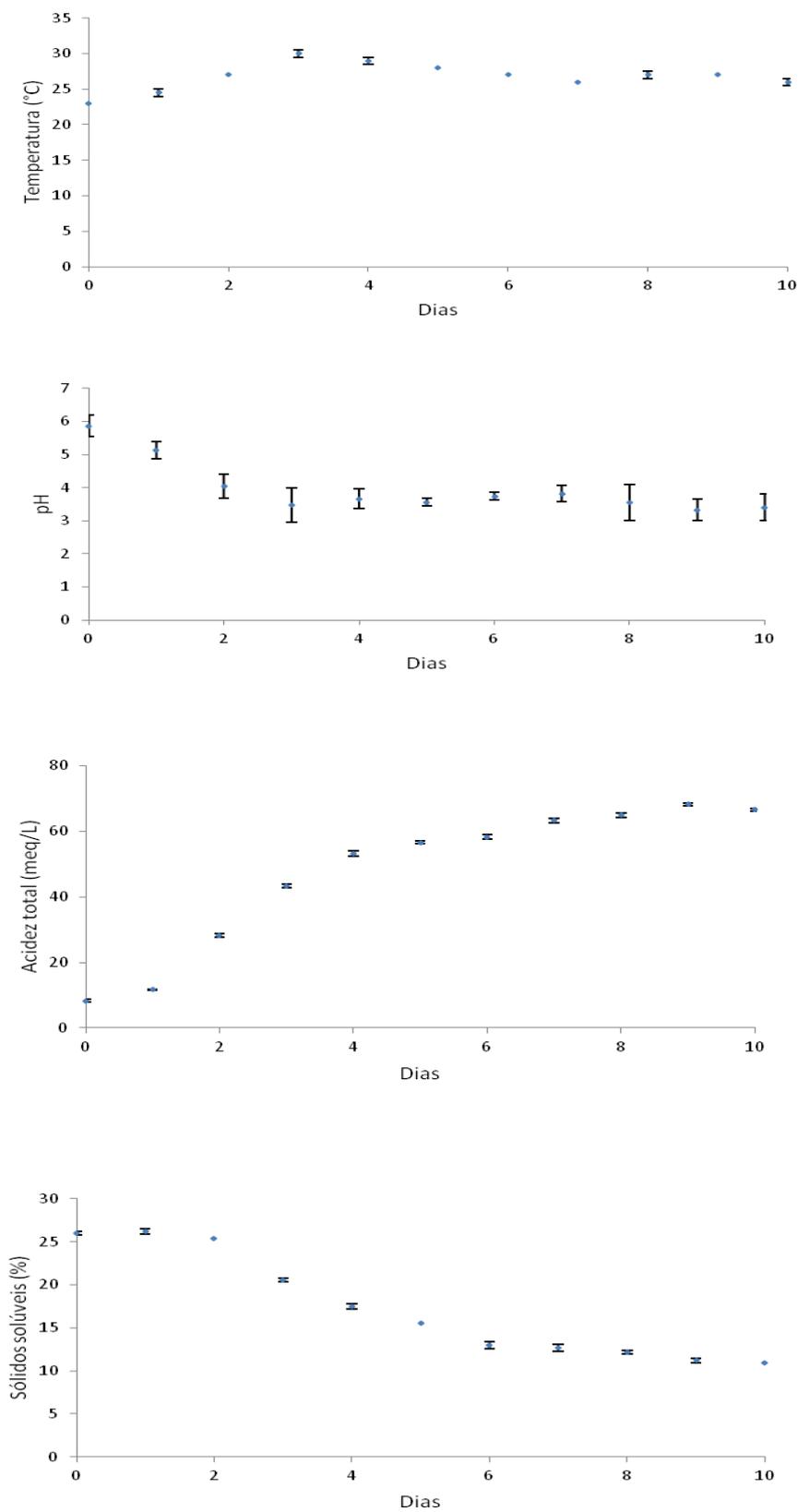


Figura 1. Monitoramento de pH, de acidez total, de temperatura e de sólidos solúveis do mosto de yacón, durante a fermentação vigorosa.

Durante a etapa vigorosa, em razão da alta atividade microbiana, ocorre um aumento de temperatura, durante a fermentação, sem ultrapassar a temperatura de 35°C (SANTOS et al., 2005; AQUARONE et al., 2000; REGULY, 1998). Galanakis et al. (2012) acompanharam essa etapa sob diferentes temperaturas e concluíram que a temperatura de 30° C foi a melhor encontrada, na qual as leveduras produzem maior quantidade de etanol ao final do processo. A temperatura do mosto de yacon, durante etapa vigorosa, atingiu a temperatura ótima de 30°C, por apenas um dia, finalizando nos últimos dez dias, a 26°C, estando próxima ao desejado.

As principais características de qualidade, nessa etapa, são pH e acidez total titulável. Em relação ao pH, para fermentados de frutas, valores entre 3 e 5 são considerados indícios de boa qualidade fermentativa, sendo a faixa ótima 4,5 à 5, quando ocorrem as maiores produções de etanol (MANDEEP et al., 1998; MUNIZ, 2002; ARRUDA et al., 2007).

O pH, ao final da adição do inoculo, foi de 5,13 e com a ação das leveduras, além do álcool etílico, ácidos orgânicos e inorgânicos, que são produzidos ao término dos dez dias, o pH foi de 3,4. O mosto de caju, de laranja e de jabuticaba apresentaram pH dentro da faixa mencionada, de 3,5 (ARRUDA et al., 2007), 3,3 (CORAZZA et al., 2001), 3,42 (CHIARELLI et al., 2005), respectivamente.

Já a acidez do mosto é um elemento de proteção contra as infecções, durante o processo de vinificação (ROSIER, 1995; CHIARELLI et al., 2005). Segundo a legislação brasileira, a acidez máxima permitida para vinhos de mesa é de 130 meq/L, ou seja, a do mosto, obrigatoriamente, deve ser menor que este valor, uma vez que, durante as próximas etapas de fermentação, a acidez ainda aumenta levemente (BRASIL, 1988). O mosto de yacon, ao final do período de fermentação vigorosa, apresentou acidez de 66,6 meq/L, estando dentro da legislação e de acordo com alguns outros trabalhos como mosto de caju (79,9 meq/L) (NETO et al., 2006), enquanto o mosto de laranja apresentou cerca de 89 meq/L, estando todos dentro dos padrões de qualidade para fabricação de fermentados.

O teor de sólidos solúveis auxilia na indicação, aproximada, de consumo dos açúcares no mosto, uma vez que seu consumo, pelas leveduras, produz o teor de etanol desejado no fermentado (CORAZZA et al., 2001). O mosto de yacon iniciou-se com 26° Brix e a etapa vigorosa chegou ao fim com a sua estabilização em 10,9° Brix. O teor final de sólidos solúveis varia para cada fermentado de fruta, uma vez que depende do teor inicial, da quantidade de levedura e da temperatura do meio. O mosto de acerola apresentou teor de sólidos solúveis (11,47° Brix), próximo ao encontrado nesse trabalho (SANTOS et al., 2001), assim como o mosto de caju que obteve teor de 3,6°Brix (NETO et al., 2006).

Após a estabilização do teor de sólidos solúveis e, conseqüentemente, o fim da etapa vigorosa, o fermentado foi trasfegado para galões de polietileno de alta densidade (PEAD) para o início da etapa de fermentação lenta.

3.3 FERMENTAÇÃO LENTA

A fermentação lenta ocorreu em três etapas, cada uma com duração de trinta dias. Segunda a literatura, a duração dessa etapa é variável, alguns pesquisadores apresentam essa etapa em poucos dias (CORAZZA et al., 2001; ARRUDA et al., 2007; ARAÚJO et al., 2011) e outros “apuram” o fermentado por alguns meses (ASQUIERI et al., 1997; MOHANTY et al., 2005; DIAS et al., 2007).

A grande diferença na realização dessa etapa, por mais de trinta dias, é para que ocorra a fermentação malolática. Essa fermentação é caracterizada pela transformação do ácido málico em ácido láctico e gás carbônico, mudança essa, gerada pelas bactérias lácticas, formadas na massa durante a fermentação vigorosa. O diferencial dessa etapa para a qualidade final do fermentado é que além de estabilizar quimicamente, ainda melhora sua cor, odor e gosto (MILLER; FRANZ, 2011).

A cada trinta dias, análises químicas foram realizadas para o controle fermentativo. Dentre os atributos analisados (densidade, acidez total titulável, acidez volátil, cinzas, taninos e açúcares redutores) apenas a acidez total titulável obteve diferença significativa em relação ao tempo analisado (Tabela 2). Segundo Rosier et al. (1995), durante a fermentação malolática, a acidez tende a diminuir para melhor estabilidade do fermentado, o que confirma o que ocorreu no presente trabalho. Durante os noventa dias, a acidez total titulável diminuiu, sendo que entre todas as análises realizadas, essa foi a única característica que ao longo da etapa de fermentação lenta apresentou diferença estatística ($p < 0,05$).

Mesmo com redução da acidez total titulável, ao longo dos três meses, os resultados encontrados estão dentro da legislação brasileira, que estabelece mínimo de 55 meq/L e máximo de 130 meq/L. A acidez total é um fator importante para a qualidade final de um fermentado. Algumas pesquisas, além do presente trabalho, ao final da fermentação lenta mostraram valores dentro do preconizado pela legislação, como o fermentado de caju que apresentou 80,6 meq/L (MOHANTY et al., 2005) e o fermentado de cacau com 98,5 meq/L (DIAS et al., 2007).

Porém, algumas outras pesquisas não conseguiram produzir fermentados dentro dos padrões exigidos pela legislação. O fermentado de banana (ARRUDA et al., 2007) não atingiu

o mínimo exigido (42,33 meq/L). Já o fermentado de jabuticaba (CHIARELLI et al., 2005) ultrapassou o máximo permitido (220 meq/L).

Tabela 2. Acidez total titulável durante monitoramento químico realizado ao longo dos 90 dias de fermentação lenta

Análises	Tempo fermentação lenta		
	Primeiro mês	Segundo mês	Terceiro mês
Acidez total (meq/L)	79,09 ^a	75,35 ^b	77,84 ^b

a,b-diferença estatística, segundo teste de Wilcoxon ($p < 0,05$)

Outro fator importante para a determinação da qualidade final do fermentado é a acidez volátil, que indica a presença de ácido acético, indesejável para fermentados alcoólicos, uma vez que, além de modificarem o sabor e o aroma do mesmo, indicam contaminação por bactérias acéticas (bactéria do vinagre) (SANTOS et al., 2005).

A legislação brasileira exige o padrão máximo de acidez volátil de 20 meq/L, pois quantidades superiores indicam que o contato com o oxigênio foi maior que o desejado para se produzir bebida alcoólica (fermentação anaeróbia) (FELLOWS, 2008). Arruda et al., (2007) afirmam que quanto maior a temperatura durante as etapas de fermentação vigorosa e lenta, maior o teor da acidez volátil.

O presente trabalho conseguiu baixo valor neste parâmetro, 0,16 meq/L, o que demonstra um ótimo processo tecnológico, ou seja, uma boa manutenção das condições anaeróbias. Outros trabalhos, também, conseguiram bons resultados, como o fermentado de acerola (SANTOS et al., 2005) (4,3 meq/L) e o fermentado de cacau (DIAS et al., 2007) (6,5 meq/L).

O teor de cinza em vinhos não só participa da caracterização química final desse produto, mas ajuda a indicar possíveis fraudes, como o aguamento ou a adição de substâncias minerais. Porém, há inúmeras discordâncias em relação à limitação imposta pela legislação (BRASIL, 1988), uma vez que essa impõe o valor mínimo de 1,5 g/L para vinhos tintos e 1 g/L para vinhos brancos e rosados. O presente trabalho (2,43 g/L) encontrou valor permitido pela legislação, porém 21 dos 22 vinhos analisados por Andrade et al (2008) se encontraram fora da legislação, pesquisadores sugerem que tais limites não são mais adequados aos vinhos

nacionais. Tal inferência, também, já foi sugerida em 1999 por Rizzon e Miele em seus estudos sobre os vinhos nacionais.

Outra característica importante para o fermentado alcoólico são os taninos, compostos fenólicos adstringentes que auxiliam na viscosidade dos fermentados (ARRUDA et al., 2007). O presente trabalho conseguiu pequena quantidade desse constituinte, de 0,07%, até porque a quantidade de taninos não é uma característica do yacon. Segundo Butler & Rivera (2004), os taninos no yacon encontram-se, em sua maior parte, na casca, a qual não foi utilizada na elaboração do fermentado.

Arruda et al., (2007) utilizaram banana madura para realização do fermentado e observaram valores para taninos de 0,015%. Mohanty et al. (2005) produziram fermentado de caju e constataram valores mais baixo, de 0,0019%, que pode ser influenciado pelo estágio de maturação da fruta utilizada

A legislação brasileira impõe, para os vinhos de frutas, o mesmo para o vinho de uva, com teor alcoólico de 10 à 14% v/v, os quais são classificados como vinhos de mesa, parâmetro esse intimamente ligado à quantidade de açúcar inicial e final. Ou seja, quanto maior a quantidade de açúcar final, menor será o teor alcoólico, uma vez que o açúcar inicial é o componente transformado em álcool pelas leveduras (ARRUDA et al., 2007). O presente trabalho, ao final da fermentação lenta, obteve 13% v/v de graduação alcoólica (BRASIL, 1988), ficando dentro do parâmetro “vinho de mesa”.

Além do teor de açúcar relacionar-se com a graduação alcoólica, este ainda classifica os fermentados em seco (máx. 5 g/L), semi-seco (mín. 5,1 g/L e máx. 20 g/L) e doce ou suave (mín. 20,1 g/L) (BRASIL, 1988). No presente estudo, ao final da etapa lenta, conseguiu um fermentado doce, com conteúdo de açúcares redutores de 3,37% ou 33,7 g/L. Resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho foi observado para o fermentado de caju (ARAÚJO et al., 2011), com 33,09 g/L de açúcares redutores. Já outros fermentados não foram encontrados resíduos de açúcares, como o fermentado de cajá (DIAS et al., 2003) e o de cacau (DIAS et al., 2007), caracterizando, assim, fermentados do tipo seco.

Já a densidade, vinhos considerados doces, ou seja, com maiores teores de açúcar, apresentam valores maiores que 1 g/mL (FILHO et al., 2002), o que está de acordo com o presente trabalho, uma vez que o fermentado de yacon apresentou alto teor de açúcares e densidade maior que 1g/mL.

4 CONCLUSÃO

Com o monitoramento dos atributos químicos foi possível realizar um fermentado alcoólico de yacon, no qual todos os parâmetros exigidos pela legislação brasileira foram atendidos ao final das etapas de fermentação. Mesmo com a redução significativa da acidez (etapa lenta), esse parâmetro manteve-se dentro da legislação e do desejável.

Além disso, o fermentado alcoólico de yacon apresentou características semelhantes a outros fermentados de frutas produzidos e já comercializados como o de jabuticaba, de caju, de laranja e outros. Demonstrando assim, que a produção de um fermentado alcoólico de yacon pode ser uma alternativa para pequenos agricultores e pequenas indústrias.

REFERÊNCIAS

- ACHI, O.K. The potential for upgrading traditional fermented foods through biotechnology. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 375-380, 2005.
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 34-38, 2003.
- ANDRADE, M.F; SOUZA, D.J; SILVA, J.B; PAIM, A.P. Análise multivariada de parâmetros físico-químicos em amostras de vinhos tintos comercializados na região metropolitana do Recife. **Química Nova**, v. 31, p. 296-300, 2008.
- A.O.A.C. – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 18ed. Washington: AOAC, 2006.
- AQUARONE, E; BORZANI, W; SCHIMIDELL, W; LIMA, U. A. Biotecnologia na produção de alimentos. In: **Biotecnologia Industrial**. Edition nº 1. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil, v. 4, p. 523, 2001.
- ARAÚJO, S. M; SILVA, C. F; MOREIRA, J. J. S; NARAIN, N; SOUZA, R. R. Biotechnological process for obtaining new fermented products from cashew apple fruit by *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 38, p. 1161-1169, 2011.
- ARRUDA, A.R; CASIMIRO, A. R.S; GARRUTI, D. S; ABREU, F. A. P. Caracterização físico-química e avaliação sensorial de bebida fermentada alcoólica de banana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 377-384, 2007.
- ASQUIERI, E. A; CANDIDO, M.A; DAMIANI, C; ASSIS, E. M. Fabricacion de vino Blanco y tinto de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* Berg) utilizando la pulpa y cascara respectivamente. **Alimentaria**, v. 4, p. 97-109, 1997.
- ASQUIERI, E. R.; DAMIANI, C.; CANDIDO, M. A.; ASSIS, E. M. Vino de jabuti-caba: estudio de las características físico-químicas y sensoriales de los vinos tinto seco y dulce, fabricados con la fruta integral. **Alimentaria**, 2004, 355: 111-122.
- ASQUIERI, E.R; RABÊLO, A. M. S; SILVA, A. G. M. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 881-887, 2008.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria n.º 229. **Ministerio da Agricultura e do Abastecimento**, Brasilia, 25 de outubro de 1988.
- BUTLER, G.; RIVERA, D. Innovations in peeling technology for yacon. International Potato Center. (http://www.cipotato.org/artc/cip_crops/2004-1127.pdf), 2004.
- CAMPOS, D; BETALLELUZ-PALLARDEL, I; CHIRINOS, R; AGUILAR-GALVEZ, A; NORATTO, G; PEDRESCHI, R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*), a

source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1592-1599, 2012.

CAPECE, A; ROMANIELLO, R; SIESTO, G; ROMANO, P. Diversity of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts associated to spontaneously fermenting grapes from an Italian “heroic vine-growing area”. **Food Microbiology**, v. 31, p. 159-166, 2012.

CARMONA-GUTIERREZ, D; SOMMER, C; ANDRYUSHKOVA, A; KROEMER, G; MADEO, F. A higher spirit: avoiding yeast suicide during alcoholic fermentation. **Nature**, v. 19, p. 913-914, 2012.

CHIARELLI, R. H; NOGUEIRA, A. M; VENTURINI, W.G. Fermentados de Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg): Processos de Produção, Características Físico-químicas e Rendimento. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 8, p.277-282, 2005.

CORAZZA, M. L; RODRIGUES, D. G; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, v. 24, p. 449-452, 2001.

DIAS, D. R; SCHWAN, R. F; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 342-350, 2003.

DIAS, D. R; SCHWAN, R. F; FREIRE, E. S; SERÔDIO, R. S. Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 319-329, 2007.

DOUGLAS, J.A; FOLLETT, J.M; DOUGLAS, M. H; DEO, B; SCHEFFER, J.J; LITTLER, R. A; MANLEY-HARRIS, M. Effect of environment and time of planting on the production and quality of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) storage roots. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.35, p. 107-116, 2007.

DUBOIS, M. K. A.; GILLES, H. J. K.; REBERS, P. A; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-355, 1956.

FELLOWS, P. J. Fermentação. In: **Tecnologia do Processamento de Alimentos**, Edição nº2; Editora Artmed, Porto Alegre, Brasil, 2008.

FILHO, V.E; SANTOS, A.A; FILHO, J.E; NASCIMENTO, A.R; MARINHO, S.C; MENDES, J.C; LOPES, N.A; JÚNIOR, A.V; MARTINS, A.V. Produção, processamento e análise bromatológica do vinho obtido do caju. **Cadernos de Pesquisa**, v. 13, p. 46-59, 2002.

GALANAKIS, C. M; KORDULIS, C; KANELLAKI, M; KOUTINAS, A; BEKATOROU, A; Lycourghiotis, A. Effect of pressure and temperature on alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on c-alumina pellets. **Bioresource Technology**, v. 114, p. 492-498, 2012.

IBRAVIN- - Instituto Brasileiro do Vinho – Dados estatísticos (<http://www.ibravin.org.br/cadastroviticola.php?secao=1&m2=true>), 27/07/2012.

- JERMYN, M.A. A new method for the determination of ketohexoses in presence of aldohexoses. **Nature**, v.177, p.38-39, 1956.
- LEWU, M.N; ADEBOLA, P.O; AFOLAYAN, A.J. Comparative assessment of the nutritional value of commercially available cocoyam and potato tubers in south Africa. **Journal of Food Quality**, v. 33, p. 461-476, 2010.
- MALDONADO, S; LUNA, P. P; MARTINEZ, V; VILLATARCO, M; SINGH, J. Produccion y comercializacion de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) em comunidades rurales del noroeste argentino. **Agroalimentaria**, v. 26, p.119-125, 2008.
- MANRIQUE, I; PARRAGA, A; HERMANN, M. Jarabe de Yacon. Principios y Procesamiento. **Centro Internacional de la Papa – CIP**; 2005, (http://www.cipotato.org/artc/cip_crops/1919-Jarabe_Yacon.pdf).
- MANDEEP, S.; PANESAR, P. S.; MARWAHA, S. S. Studies on the suitability of kinnow fruits for the production of wine. **Journal of Food Science and Technology**, v.35, p.455-457, 1998.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.
- MILLER, B.J; FRANZ, C.M.A. Expression of the Malolactic Enzyme Gene (mle) from *Lactobacillus plantarum* Under Winemaking Conditions. **Current Microbiology**, v.62, p. 1682 – 1688, 2011.
- MOHANTY, S;RAY, P;SWAIN, M. R; RAY, R. C. Fermentation of cashew (*Anacardium occidentale* L.) “apple” into wine. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.30, p.314-322, 2005.
- MUNIZ, C. R. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.20, p.309-322, 2002.
- NETO, A. B. T; SILVA, M. E; SILVA, W. B; SWARNAKAR, R; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Química Nova**, v.29, p.489-492, 2006.
- NIETO, C.C. Estudios agronómicos y bromatológicos en jicama (*Polymnia sonchifolia* Poep et Endl.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.41, p.213-221, 1991.
- OJANSIVUA, I; FERREIRA, C. L; SALMINENA, 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.
- OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **Análisis de los nutrientes de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 258 p, 1986.
- OSORIO-CADAVID, E; CHAVES-LOPEZ, C; TOFALO, R; PAPARELLA, A; SUZZI, G. Detection and identification of wild yeasts in Champús, a fermented Colombian maize beverage. **Food Microbiology**, v.25, p.771-777, 2008.

REGULY, J. C. **Biotecnologia dos Processos Fermentativos**. Editora UFPel, Pelotas, Rio Grande do Sul, 1998.

RIZZON, L. A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J.; ZANUZ, M. C. Efeito de três processos de vinificação sobre a composição química e a qualidade do vinho Cabernet Franc. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1285-1293, 1999.

ROSIER, J. P. **Manual de elaboração de fermentado para pequenas cantinas**. Edição nº 2. Editora EPAGRI, Florianópolis, Brasil, p. 72, 1995.

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

SANTO, D. E; GALEGO, L; GONÇALVES, T; QUINTAS, C. Yeast diversity in the Mediterranean strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits fermentations. **Food Research International**, v.47, p.45-50, 2012.

SANTOS, S. C; ALMEIDA, S. S; TOLEDO, A. L; SANTANA, J. C; SOUZA, R.R. Elaboração e Análise Sensorial do Fermentado de Acerola (*Malpighia Punicifolia* L.). **Brazil Journal of Food and Technology**, v.5, p.47-50, 2005.

SCHER, C.,F; RIOS, A; NORENA, C.P. Hot air drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its effect on sugar concentrations. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.2169–2175, 2009.

SEMINARIO J, VALDERRAMA M, MANRIQUE.I. El yacon: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. **Centro Internacional de la Papa (CIP)**, v.20, p.24-25, 2003.

Silva, T.G., et al. Diagnóstico vinícola do sul de Minas Gerais: Caracterização físico-química dos vinhos. **Ciência Agroecologia**. 1999, 23: 632-637.

SILVA, R. N; MONTEIRO, V. N; ALCANFOR, J. X; ASSIS, E. M; ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.337-341, 2003.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO. Versão 2 – Segunda Edição. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA/UNICAMP. Campinas – SP, 2006.

VALENTOVÁ, K; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *lepidium meyenii* – prospective andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v.147, p.119-130, 2003.

VILHENA, S.M.C.; CÂMARA, F.L.; KADIHARA, S.T. O cultivo do yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.5-8, 2000.

ZIELISKI, H.; KOZOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.2008-2016, 2000.

CAPÍTULO 3 (artigo científico 2)

ARTIGO 2

ESTUDO DO ENVELHECIMENTO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON (*Smallanthus Sonchifolius*)

Artigo Científico submetido à revista Journal of Agricultural and Food Chemistry

**ESTUDO DO ENVELHECIMENTO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON
(*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*)**

BRANDÃO, C.C; ASQUIERI, E.R; DAMIANI, C. Estudo do envelhecimento do fermentado alcoólico de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

RESUMO

O yacon, alimento funcional, apresenta alta perecibilidade e pouco volume de produção. Assim, como alternativa tem-se a produção de um fermentado alcoólico. O objetivo desse estudo foi analisar mudanças ocorridas durante o envelhecimento de um ano, assim como suas características sensoriais. Análises de cinzas, acidez total, acidez volátil, SO₂ total e livre, açúcar redutor, sacarose, compostos fenólicos e frutooligossacarídeos (FOS) foram realizadas a cada dois meses de envelhecimento. Além disso, ao final do envelhecimento, o grau alcoólico, a quantidade de metanol e seu potencial antioxidante foram avaliados, assim como, o perfil e aceitação sensorial. A acidez volátil e total aumentaram significativamente ($p < 0,05$) ao longo de um ano. Já os açúcares, inclusive o FOS, foram consumidos ao longo deste período, demonstrando a possibilidade das leveduras serem capazes de hidrolisar o FOS. O SO₂ total e livre diminuíram, significativamente, mostrando sua atuação contra a oxidação do produto. Ao final do envelhecimento, o fermentado apresentou boa capacidade antioxidante, teor de metanol dentro do permitido pela legislação e considerável perfil e aceitação sensorial. Logo, o fermentado alcoólico de yacon apresentou qualidade físico-química e sensorial (perfil e aceitação), podendo ser armazenado por um período menor que 12 meses.

Palavras-chave: yacon, *Smallanthus sonchifolius*, fermentado alcoólico, envelhecimento, perfil sensorial, aceitação sensorial.

ABSTRACT

The yacon, functional food, presents small shelf life and low volume of production, as alternative for these problems, has the fermented alcoholic. The aim of this study was to analyze changes in the aging of one year and its sensory. Analysis of ash, total acidity, volatile acidity, free and total SO₂, reducing sugar, sucrose, phenolics and fructooligosaccharides (FOS) were performed, every two month of aging. Furthermore, at the end of aging, the alcohol content, the amount of methanol and its antioxidant potential were evaluated, as well as the profile and sensory acceptance. The total and volatile acidity increased significantly ($p < 0.05$). The sugars, including FOS, were consumed during this period, suggesting the ability of yeast to hydrolyze it. The free and total SO₂ decreased significantly, showing its performance against oxidation product. At the end of aging, the fermented showed good antioxidant capacity, methanol content within permitted by brazilian legislation and considerable profile and sensory acceptance. Thereby, the fermented alcoholic

of yacon presented good physico-chemical and sensory profile and can be stored for a period less than 12 months.

Keywords: yacon, *Smallanthus sonchifolius*, alcoholic fermentation, aging, sensory profile, sensory acceptance.

1 INTRODUÇÃO

O yacon, originário dos Andes, é uma raiz tuberosa que armazena frutooligossacarídeos (FOS). O diferencial dos FOS está no fato desse açúcar não ser digerido pelo organismo humano, isto é, o organismo não é capaz de produzir enzimas para hidrolisá-lo, sendo assim classificado como fibra alimentar ou como fibras solúveis (OJANSIVU, 2011). Normalmente, o yacon é considerado uma fruta, devido a sua polpa ser succulenta e ter aparência e sabor parecidos com maçã e pêra (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003).

Apesar do sabor frutal agradável, sua produção no Brasil é baixa e o desconhecimento dos consumidores a seu respeito é grande. Nessa mesma situação, muitos pesquisadores realizaram fermentados alcoólicos de frutas, objetivando incentivo ao aumento da produção e consumo dessas frutas como: cajá (DIAS, SCHWAN; LIMA, 2003), cacau (DIAS et al., 2007), gabioba (DUARTE e tal., 2009), umbu, jabuticaba, cupuaçu (DUARTE et al., 2010), lichia (WU et al., 2011) e cagaita (OLIVEIRA et al., 2011).

A produção de fermentado alcoólico é muito promissora. O fermentado mais conhecido é o vinho, que é considerado a bebida mais antiga do mundo e faz parte da cultura de vários países. Sua complexidade aromática, proveniente do processo dinâmico de fermentação, gera fascínio entre pesquisadores, rendendo inúmeros estudos (WU et al., 2011; FAZONE et al., 2011).

A complexidade química desse produto é enorme, seus compostos aromáticos podem ser originados da matéria-prima ou provenientes do processo de fermentação, por meio do metabolismo das leveduras. Além da matéria-prima e do processamento, características como solo, clima, temperatura e pH do processo de fermentação e variedade de levedura utilizada, influenciam na composição química e sensorial do produto final (SOLEAS; DIAMANDIS; GOLDBERG, 1997; DIÁAZ-MAROTO; SCHNEIDER; BAUMES, 2005; MEILLON; URBANO; SCHLICH, 2009).

Após a fabricação do fermentado, um processo subsequente comum é a do envelhecimento. De forma geral, esse processo não tem tempo determinado para durar e é conhecido por aumentar a qualidade química e sensorial de fermentados. Porém, esse produto

é tão complexo que para alguns fermentados de frutas ou mesmo de algumas variedades de uva, o envelhecimento não é favorável para a qualidade do produto (RECLAMES et al., 2011; GARCÍA-CARPINTERO et al., 2012).

Pesquisas devem ser feitas para que se saiba se o fermentado é ou não favorável ao envelhecimento. Durante essa etapa, inúmeras variáveis influenciam as características finais do produto como o tipo de fechamento e posicionamento da garrafa, a temperatura, a luz ambiente, além das reações químicas naturais que ocorrem dentro da garrafa ao longo do tempo (RAPP et al., 1998; LOPES et al., 2006; RECLAMES et al., 2011).

Em razão da complexidade dos fermentados que pesquisas são feitas e não só sobre caracterização química, mas também sobre caracterização sensorial. Afinal, uma das sensoriais mais complexas são as dos fermentados alcoólicos, principalmente em razão do seu bouquet aromático, o que afeta, de forma considerável, a aceitação por parte dos consumidores (DOOLEY; THRELFALL; MEULLENET, 2012).

Uma das razões para a complexidade sensorial é os inúmeros compostos voláteis e não voláteis que interagem, gerando percepções sensoriais diferentes. A formação e interação desses compostos variam de acordo com a matéria-prima, condições de processamento, tempo e condições de armazenamento (SÁENZ-NAVAJAS et al., 2012).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou estudar o comportamento do fermentado alcoólico de yacon, durante o envelhecimento de um ano, por meio de avaliação físico-química e sensorial (perfil e aceitação).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O yacon foi adquirido na Central de Abastecimento de Goiás (CEASA-GO). Já as leveduras para elaboração do fermentado, assim como as garrafas para o armazenamento, foram adquiridas no mercado local.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Monitoramento Químico

O fermentado alcoólico de yacon foi processado no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, na Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Goiás e está protegido pela patente nº BR 10 2012 005273 3.

Depois de elaborado e armazenado em garrafas de vidro transparente com tampas rosqueadas e seladas com filme de parafina, o fermentado foi armazenado à 15°C, na posição horizontal, para o “envelhecimento” de um ano em ausência de luz.

Durante um ano, análises químicas bimestrais foram realizadas em triplicatas, dentre elas: cinzas (AOAC, 2008), acidez total titulável, acidez volátil, anidrido sulfuroso total e livre (BRASIL, 1988), açúcar redutor, sacarose (MILLER, 1959), compostos fenólicos, de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando a faixa de 765nm e tendo como curva padrão o ácido gálico (ZIELISKI; KOSOWASKA, 2000) e frutooligossacarídeos (JERMYM, 1956).

Após um ano de monitoramento o fermentado foi avaliado, em triplicata, quanto ao grau alcoólico (BRASIL, 1988), teor de metanol (RIZZON et al., 2003) e atividade antioxidante pelos métodos:

- a) DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) - baseia-se na captura do radical DPPH por antioxidantes (trolox), produzindo decréscimo da absorbância a 515 nm. Resultados foram expressos em mg de trolox/mL (BRAND-WILLIAMS et al., 1995)
- b) ABTS (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)- método que se aplica a antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos. Os radicais de ABTS são gerados pela oxidação do ABTS com o persulfato de potássio que é posteriormente reduzida na presença de hidrogênio doado pelo antioxidante (trolox). Resultados foram expressos em mg de trolox/mL (RUFINO et al., 2007)

2.2.2 Perfil Sensorial – Provadores Treinados

Para a avaliação sensorial, realizada após um ano de engarrafado, foram utilizados dez provadores já treinados (entre 38 e 60 anos) em sensorial de fermentado de uva (vinho), membros na Associação Goiana de Sommeliers. Os atributos selecionados para a análise (Figura 1) foram os já utilizado pela equipe de provadores treinados.

Segundo Álvarez et al. (2001), quando os provadores já são treinados, experientes e habituado rotineiramente a realizar a análise sensorial, pode-se fazer uso dos mesmos termos já utilizados pelo grupo.

A análise descritiva quantitativa utilizada foi de duas escalas estruturadas, uma de seis pontos e outra de quatro pontos. Sendo que os termos utilizados pelos provadores foram selecionados em treinamentos anteriores realizados pela equipe (Figura 1), uma vez que, os provadores são treinados e experientes em análise sensorial de vinho (GONZÁLEZ ÁLVAREZ et al., 2011; JACKSON, 2002).

A análise do fermentado alcoólico de yacon foi realizada juntamente com dois padrões, já habituais para os provadores (vinhos brancos utilizados como padrão pelo grupo treinado) Chardonnay e Sauvignon Blanc. A escolha do vinho branco foi em razão da cor final resultante do fermentado alcoólico de yacon, após um ano de envelhecimento.

As amostras foram apresentadas em taças padrão para análise de vinho (30 mL), de acordo com a ISO 3591 (ISO 3591, 1997), cobertas com vidro relógio para minimizar a perda dos compostos voláteis e enumeradas, aleatoriamente, com números de três dígitos.

Nome:		Data:		Amostra:			
Exame Visual	Cor	3 Correta	2 Regular	1 Duvidosa	0 Incorreta		
	Exame Gustativo	Acidez	3 Adequado	2 Média	1 Baixa	0 Insuficiente	
Tanino		3 Fino	2 Médio	1 Grosseiro	0 Rústico		
Corpo		3 Correto	2 Regular	1 Inadequado	0 Insuficiente		
Olfativo	Qualidade	5 Excepcional	4 Fina	3 Boa	2 Regular	1 Inferior	0 Nula
	Complexidade	5 Muito	4 Intenso	3 Média	2 Regular	1 Pequena	0 Nula
Gustativo	Qualidade	5 Excelente	4 Boa	3 Média	2 Pequena	1 Ruim	0 Péssima
	Persistência	5 Excepcional	4 Boa	3 Média	2 Razoável	1 Pequena	0 Nula

Figura 1. Ficha de perfil sensorial, do fermentado alcoólico de yacon, utilizada pelos provadores treinados

O local utilizado para a análise foi de acordo com padrões ISO 8589 (ISO 8589, 1998), com cabines individuais e temperatura ambiente de 18 à 21°C.

Essa análise foi realizada com o intuito de conseguir uma indicação da influência do novo fermentado em relação à percepção e intensidade de cada atributo avaliado, utilizando o gráfico aranha para melhor visualização desse resultado.

2.2.3 Aceitação Sensorial – Provedores Não Treinados

Já para a aceitação do fermentado, os testes foram realizados com 100 provedores não treinados, em cabines individuais, nos laboratórios de análise sensorial, do departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e de Nutrição, da Universidade Federal de Goiás da UFG. As amostras foram apresentadas de forma monádica e aleatória.

As amostras (fermentado de yacon e vinho branco), de mesmas características em teor de açúcar e de grau alcoólico, foram apresentadas em temperatura de 17°C e a aceitação dos fermentados foi avaliado em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e impressão global. Os provedores registraram suas notas em fichas com escala hedônica de 9 pontos para cada atributo estudado.

2.2.4 Análise Estatística

A avaliação da influência das variáveis em relação ao tempo de fermentação foi realizada pela aplicação do teste Friedman, e para comparação pareada das variáveis em relação ao tempo foi utilizado o teste Wilcoxon, sendo que para as análises de atividade antioxidante (ABTS e DPPH) foi realizada correlação de Pearson (sendo r o fator de correlação de Pearson). Para a análise sensorial, de provedores treinados, foi utilizado análise de variância – (ANOVA) e testes de médias de Tukey. Já para a sensorial de aceitação (provedores não treinados) foi realizada teste t Student. Todos os testes foram aplicados com nível de significância de $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MONITORAMENTO QUÍMICO DURANTE ENVELHECIMENTO

O estudo do envelhecimento do fermentado de yacon está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análises físico-químicas realizadas no fermentado de yacon, durante um ano de envelhecimento

Análises	Envelhecimento					
	1 Bimestre	2 Bimestre	3 Bimestre	4 Bimestre	5 Bimestre	6 Bimestre
Acidez total titulável (meq/L)	74,37 ^b ± 0,96	73,82 ^b ± 0,96	88,59 ^a ± 1,15	89,25 ^a ± 1,15	82,00 ^a ± 5,29	82,00 ^a ± 5,29
Acidez Volátil (meq/L)	0,18 ^b ± 0,03	0,17 ^b ± 0,06	0,20 ^b ± 0,06	0,27 ^b ± 0,06	0,33 ^a ± 0,06	0,33 ^a ± 0,01
Cinzas (g/L)	2,39 ^a ± 0,03	2,22 ^a ± 0,10	2,27 ^a ± 0,07	2,15 ^a ± 0,03	2,24 ^a ± 0,02	2,10 ^a ± 0,10
Açúcares redutores (g/L)	36,60 ^b ± 0,05	35,80 ^b ± 0,03	37,00 ^a ± 0,03	38,20 ^a ± 0,12	34,30 ^c ± 0,12	34,70 ^c ± 0,01
Sacarose (%)	0,34 ^a ± 0,01	0,30 ^a ± 0,02	0,28 ^a ± 0,04	0,35 ^a ± 0,05	0,47 ^a ± 0,03	0,33 ^a ± 0,05
Anidrido Sulfuroso total (mg/L)	28,87 ^a ± 0,80	26,4 ^a ± 0,34	25,87 ^a ± 0,92	21,12 ^c ± 0,44	20,07 ^c ± 0,91	21,43 ^b ± 0,53
Anidrido Sulfuroso livre (mg/L)	6,33 ^a ± 0,00	6,33 ^a ± 0,00	6,29 ^a ± 0,06	6,70 ^a ± 0,06	6,33 ^a ± 0,00	4,22 ^b ± 0,00
FOS (%)	0,46 ^a ± 0,03	0,47 ^a ± 0,02	0,35 ^b ± 0,03	0,34 ^b ± 0,05	0,39 ^b ± 0,06	0,35 ^b ± 0,03
Compostos Fenólicos (mg/L)	195,00 ^b ± 0,51	198,90 ^b ± 0,59	192,80 ^b ± 0,81	241,20 ^a ± 0,97	251,90 ^a ± 0,97	223,70 ^a ± 0,95

* Valores dentro da mesma linha seguidas pela mesma letra não são significativamente diferente ($p < 0,05$), segundo teste de Wilcoxon.

O fermentado de yacon apresentou aumento na acidez total titulável ao longo de um ano (Tabela 1), apresentando diferença estatística durante o envelhecimento, o que mostra a influência do tempo sobre este constituinte. Mesmo com o incremento apresentado ao longo do tempo, ao final, o valor encontrado ficou-se dentro do permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 1988), cujo limite máximo é de 130 meq/L.

Outros fermentados de frutas obtiveram valores de acidez menores que o de yacon, estando todos dentro da legislação brasileira (BRASIL, 1988), como o fermentado de maçã 60,22 meq/L (SATORA et al., 2009) e o de cagaita (OLIVEIRA et al., 2011) com 55,6 meq/L. Já o fermentado de kiwi (SOUFLEROS et al., 2001) apresentou, ao final do envelhecimento, acidez acima da legislação (155 meq/L), precisando passar pelo processo de desacidificação (carbonato de cálcio) para reduzir (117 meq/L) e enquadrar se na faixa permitida.

As diferenças entre os teores de acidez nos diferentes fermentados de frutas são atribuídas a diferentes processos de produção, época do ano, assim como as características da matéria-prima (HOLT et al., 2008; GARCIA-CARPINTERO et al., 2012).

A acidez é uma característica de extrema importância, uma vez que participa, diretamente, nas propriedades sensoriais do fermentado. Segundo Soufleros et al. (2001) e Cliff, King e Schlosser (2007), quanto maior a maturação da matéria prima utilizada, menor será a acidez final do fermentado alcoólico.

A acidez total titulável de um fermentado alcoólico engloba dois tipos de acidez, a volátil e a fixa. A primeira é a dos ácidos que podem ser removidos com a destilação, sendo o ácido acético o principal desta categoria. Já a segunda, refere-se aos ácidos carboxílicos tartárico, cítrico, málico, láctico, succínico, cáprico, oxálico, fumárico, todos responsáveis pelo controle do pH (SOLEAS, DIAMANDIS, GOLDBERG, 1997). Desta forma, o aumento da acidez total significa que pode ter ocorrido aumento da acidez volátil e/ou fixa, Reclames et al. (2011) relataram que, durante o envelhecimento de um ano, de vinho houve o aumento de alguns ácidos carboxílicos, como o cáprico. Dessa forma, o aumento da acidez total do fermentado de yacon, pode estar relacionada ao aumento de ácidos carboxílicos e do aumento da acidez volátil.

A acidez volátil tem como o seu maior constituinte o ácido acético. A conversão de etanol em ácido acético ocorre na presença de oxigênio, por meio das bactérias acéticas (*Acetobacter aceti* e *Acetobacter pasteurianus*), que são indesejadas no fermentado. Uma vez em quantidades elevadas, esse fator é considerado um dos maiores defeitos do fermentado (BARTOWSKY et al., 2003).

As bactérias acéticas são consideradas aeróbias (sobrevivem em ambientes com disponibilidade de oxigênio), porém Drysdale e Fleet (1989) demonstraram que essas bactérias encontram-se em fermentados, pois elas são capazes de sobreviver em ambiente com condições anaeróbias (sem disponibilidade de oxigênio) e semi-anaeróbias (condição anaeróbia com frações de oxigênio).

Durante o envelhecimento do fermentado de yacon, a acidez volátil foi influenciada, significativamente, pelo tempo aumentando seu teor ao longo dos 6 bimestres (Tabela 1). O valor final encontrado (3,3 meq/L) encontra-se dentro do permitido pela legislação brasileira, uma vez que o limite máximo imposto é de 20 meq/L. Isso demonstra que, mesmo com tampa rosqueada selada com filme de parafina, houve a entrada de oxigênio.

Mas et al. (2002) e Bartowsky et al. (2003) demonstraram que o envelhecimento das garrafas na vertical e o uso de tampas rosqueadas e tampas de borracha, permitem maior entrada de oxigênio e, conseqüentemente, maior teor de acidez volátil. No presente trabalho, apesar do envelhecimento ter sido com garrafas com tampa rosqueada, o fato de serem seladas com filme de parafina e terem sido armazenadas na posição horizontal, podem ter sido os fatores que impediram uma maior entrada do oxigênio.

As cinzas nos fermentados correspondem ao teor de matéria inorgânica, ou seja, seu valor dependerá do teor de minerais da matéria-prima, utilizada na fabricação (RIZZON; GATO, 1987). Dessa forma, como comprovado nos dados encontrados para o fermentado de yacon (Tabela 1), esse constituinte não variou de forma significativa, com o tempo de envelhecimento. A legislação determina o teor mínimo de 1,0 g/L de cinzas, o que torna legal o valor encontrado (2,1g/L) no presente trabalho após um ano.

Os valores encontrados no presente trabalho assimilam-se às pesquisas realizadas por Soleas et al. (1997) em vinho branco (2 g/L) e por Baiano et al. (2009) em vinho tinto (3,3 g/L). Porém, foi bem mais baixo ao encontrado no fermentado de banana (5,7 g/L) por Arruda et al. (2007).

Segundo a legislação brasileira, para um fermentado alcoólico ser considerado suave ele necessita que o teor mínimo de glicose (açúcar redutor) seja de 20,1 g/L. Ao final de um ano, o fermentado de yacon apresentou 34,7 g/L, sendo considerado como um fermentado suave.

Fermentados suaves são caracterizados pelo alto teor de açúcar, podendo ser originados de duas formas, quando a quantidade inicial de sólidos solúveis é alta ou quando ao finalizar a etapa de fermentação, acrescenta-se açúcar comercial (NOGUEROL-PATO et al., 2012). No caso do fermentado de yacon, obteve-se, ao final do processo, alto teor de açúcares em razão da alta quantidade inicial de sólidos solúveis (26 °BRIX).

Segundo Rapp et al. (1998), durante o envelhecimento do vinho, algumas mudanças químicas ocorrem, dentre elas, diminuição do conteúdo de ésteres e aumento dos acetatos, aumento dos ácidos carboxílicos e quebra de açúcares. Este último foi uma das alterações ocorrida no presente trabalho, ao longo do tempo no fermentado de yacon, já que houve,

significativamente, uma queda no teor de açúcares redutores. Lambri et al. (2012) armazenou vinho branco, originários da uva *Chambave Muscat*, durante seis meses e, também, obteve queda de açúcares redutores ao final desse período.

Já o teor de sacarose não apresentou diferença significativa ao longo dos doze meses, provavelmente, pois no envelhecimento, sem a presença das leveduras ativas, não há quebra por ação de enzimas, permanecendo estável durante esse período, com média de 0,34%.

Um dos componentes mais variáveis em fermentados é o anidrido sulfuroso, em razão de sua finalidade. O anidrido sulfuroso funciona em fermentados como antisséptico e antioxidante, evita o surgimento de bactérias indesejáveis e leveduras selvagens, assim como o escurecimento enzimático, por isso, muitas vezes é utilizado para mascarar defeitos do produto. A parte ativa do anidrido sulfuroso é o que chamamos de anidrido sulfuroso livre. Porém, esse constituinte, além de ser tóxico para o ser humano, ainda é responsável por efeitos alérgicos, logo, a legislação brasileira impõe limite de 350mg/L para fermentados (RIZZON et al., 1987; BRASIL, 1988; CEJUDO-BASTANTE et al., 2011).

Em excesso, além de ser tóxico para o ser humano, ainda pode reagir com acetaldeído do fermentado, gerando sabor residual indesejável ao produto (SATORA et al., 2009).

O fermentado de yacon teve teores de anidrido sulfuroso total, ao final do período de armazenamento, dentro dos parâmetros da legislação (21,4 mg/L), e ao longo do tempo, o teor livre e total dessa substância tiveram redução significativa. Godden et al. (2001) armazenaram vinhos brancos, da uva *Semillon*, durante 6 meses e um ano, e em ambos os grupos tiveram redução significativa no conteúdo total e livre de anidrido sulfuroso.

Depois de engarrafado, o oxigênio presente no espaço entre a tampa e o produto reage com o anidrido, presente no fermentado. Teoricamente, um mol de O₂ reage com dois mols de SO₂. Outra maneira que pode causar a diminuição do SO₂ é por meio da reação de oxidação com compostos fenólicos (KWIA TKOWSKI et al., 2007).

O yacon armazena, em suas raízes, frutooligossacarídeos (FOS), ao invés de amido (como por exemplo, a batata inglesa). O diferencial dos FOS está no fato desse açúcar não ser digerido pelo organismo humano, isto é, o organismo não é capaz de produzir enzimas para hidrolisá-lo, sendo classificado como fibra alimentar ou como fibras solúveis (VALENTOVÁ et al., 2003; SANTANA; CARDOSO, 2008).

Ao produzir o fermentado alcoólico de yacon, esperava-se que a levedura, como os seres humanos, não hidrolisasse os FOS, porém não foi o que ocorreu. Antes de iniciar o processo de produção do fermentado, determinou-se seu teor no tubérculo e o encontrado foi de 32%. Ao final do processo de fermentação, e início do período de armazenamento, seu teor

no fermentado já era de apenas 0,46%, o que sugeri que a levedura, diferente do ser humano, seja capaz de hidrolisar os FOS e utilizá-lo como açúcar na conversão para etanol. Hondo, Okumura e Yamak (2000), realizaram um vinagre à base de yacon e também sustentaram a hipótese da quebra do FOS pelos microrganismos.

Segundo Rapp (1998), em fermentados após o engarrafe, açúcares podem sofrer quebra ou complexações. Monagas, Gomez-Cordovés e Bartolome (2006) ainda afirmam que mesmo após o processo de filtragem, os fermentados podem possuir “micro-organismos residuais” que podem transformar açúcar em álcool. Esses podem ter sido as razões para a diminuição significativa de FOS ao longo do período de armazenamento.

Além do FOS, outro grande benefício relacionado a alimentos, é o teor de compostos fenólicos. Os fenólicos são compostos bioativos muito relacionados à capacidade anti-inflamatória e antioxidante, isso porque já foi comprovado que sua ingestão previne doenças neurodegenerativas, cardiovasculares e câncer (PADILLA et al., 2005; KALLITHRAKA; SALACHA; TZOUROU, 2009; TOWANTAKAVANIT et al., 2011).

Em fermentados alcoólicos, esses compostos são de extrema importância, pois além do benefício à saúde, afetam algumas características sensoriais desses produtos como estabilização da cor e são responsáveis pela adstringência e amargor no sabor (CLIFF; KING; SCHLOSSER, 2007).

Ao final de um ano de envelhecimento do fermentado de yacon foi encontrado 223 mg/L de compostos fenólicos, quantidade considerável ao se comparar aos vinhos brancos: 515 mg/L (SATORA et al., 2009), 221 mg/L (SÁNCHEZ-MORENO; SATUÉ-GRACIA; FRANKEL, 2000) e 367 mg/L (GIRARD et al., 2001). Porém, o valor encontrado no presente trabalho mostrou-se bem abaixo ao encontrado no fermentado de kiwi, 714 mg/L (TOWANTAKAVANIT; PARK; GORINSTEIN, 2011)

A quantidade desses compostos em fermentados é extremamente variável, isso porque sua quantidade depende da localização geográfica, solo, condições climáticas (onde foi gerada a matéria-prima), além de depender das condições do processo de produção (como tempo de maceração e temperatura de fermentação) (CLIFF; KING; SCHLOSSER, 2007).

Ao longo do período de armazenamento do fermentado de yacon, foi significativo o aumento dos compostos fenólicos, assim como no vinho tinto armazenado por um ano e meio, estudados por Monagas, Gomez-Cordovés e Bartolome (2006). Isso pode ocorrer devido ao gradativo e constante aumento da solubilidade desses compostos em etanol (BAIANO et al., 2009; TOWANTAKAVANIT; PARK; GORINSTEIN, 2011) ou pelo fato desses compostos apresentarem inúmeros constituintes e, cada um deles, reagirem de uma maneira ao

armazenamento, ou seja, o teor final de compostos fenólicos do produto irá depender da composição destes (como ácido caféico, ferúlico e cumárico), os quais pode, sofrer aumento com o tempo de armazenamento (KALLITHRAKA; SALACHA; TZOUROU, 2009).

Após um ano de envelhecimento, verificou-se grau alcoólico de 13% v/v e o teor de metanol e atividade antioxidante, pelos métodos de DPPH e ABTS estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Atividade antioxidante e teor de metanol do fermentado alcoólico de yacon, após 1 ano de envelhecimento

Análises	Valores após Envelhecimento \pm desvio padrão
Potencial antioxidante - ABTS (mmol trolox/ L amostra)	1,413 \pm 0,03
Potencial antioxidante - DPPH (mmol trolox/ L amostra)	1,605 \pm 0,04
Metanol (g/L)	0,113 \pm 0,00

O metanol, ou álcool metílico, é regido por legislação e de grande preocupação, pois quando ingerido (quantidades maiores que 340 mg/kg corporal) sofre oxidação no organismo, resultando em formaldeído e ácido fórmico, ambos tóxicos para o sistema nervoso central. Algumas das consequências ao se ingerir quantidades excessivas desse composto são vertigem, perda de consciência, paradas respiratória e cardíaca (SOLEAS; DIAMANDIS; GOLDBERG, 1997; PEREIRA; ANDRADE, 1998; CABAROGLU, 2005).

O valor encontrado ao final do armazenamento para o fermentado de yacon (0,11 g/L) encontra-se abaixo dos 0,35 g/L permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 1988) e ao limite imposto (0,15 g/L) pela Organização Internacional da uva e do vinho (IOV). O teor encontrado no presente trabalho é similar ao encontrado em vinhos brancos – 0,12 g/L (CABAROGLU, 2005) e inferior ao encontrado em fermentados de maçã (SATORA et al., 2009) e de kiwi (SOUFLEROS et al., 2001), cujos outros encontraram valores superiores ao permitido na legislação 0,38 g/L e 0,48 g/L, respectivamente.

A formação do metanol em fermentados alcoólicos ocorre pela ação das enzimas pectinases, presentes na matéria-prima ou adicionadas (quando a matéria-prima possui alto teor de proteínas). Nessa reação, os grupos metilas são liberados na forma de metanol, dessa forma, o teor final deste composto nos fermentados dependerá da quantidade de pectina da

matéria-prima de origem, assim como do seu grau de metilação (SOLEAS; DIAMANDIS; GOLDBERG, 1997; SOUFLEROS et al., 2000; SATORA et al., 2008).

Outro fator importante e uma das propriedades mais estudadas com relação ao consumo de fermentados alcoólicos é sua capacidade antioxidante. Isso porque no organismo humano a causa de várias doenças está ligada a formação dos radicais livres, que, por sua vez, são “atacados” pelos antioxidantes (FERNÁNDEZ-PACHÓN et al., 2004; KALLITHRAKA; SALACHA; TZOURO, 2009). A vantagem das bebidas alcoólicas em relação ao conteúdo de antioxidantes está no fato de sua biodisponibilidade, uma vez que são mais solúveis em etanol do que em água (maior constituinte dos alimentos) (SOLEAS; DIAMANDIS; GOLDBERG, 1997).

O grande problema na determinação desses compostos está no fato de que não existe um método padronizado. Os métodos mais utilizados são os de DPPH e ABTS, e a unidade de ambos é em equivalente de trolox (TEAC) (FERNÁNDEZ-PACHÓN et al., 2004).

Os resultados encontrados para o fermentado de yacon, tanto para ABTS (1,413 mM trolox equivalente) quanto para DPPH (1,605 mM trolox equivalente) demonstram ótima atividade antioxidante, quando comparado como os encontrados em vinhos brancos, 0,84 mM trolox equivalente (DPPH) (KALLITHRAKA; SALACHA; TZOURO, 2009) e 1,77 mM trolox equivalente (ABTS) (MILARDOVIC; KEREKOVIC; RUMENJAK, 2007) e quando comparado com o fermentado de maçã, 0,46 mM trolox equivalente (ABTS) (SATORA et al., 2009).

A capacidade antioxidante de um alimento está ligada não só a seu conteúdo de compostos fenólicos, como a composição que eles possuem (SANTO et al., 2012). Isso é demonstrado na correlação (Tabela 3) encontrada entre compostos fenólicos e capacidade antioxidante ABTS ($r = 0,862$) e DPPH ($r = 0,967$). Outros pesquisadores também encontraram correlação entre os compostos fenólicos e o método ABTS, $r = 0,991$ (VILLANO et al., 2004) e o método de DPPH, $r = 0,992$ (PORGALI; BÜYÜKTUNCEL, 2012).

Tabela 3. Correlação entre compostos fenólicos e potencial antioxidante, pelos métodos DPPH e ABTS, encontrados no fermentado alcoólico após 1 ano de envelhecimento.

	Fenólicos	DPPH	ABTS
Fenólicos	1		
DPPH	0,967	1	

ABTS	0,862	0,92	1
------	-------	------	---

3.2 PERFIL SENSORIAL – PROVADORES TREINADOS

Segundo Rapp (1998), em análise sensorial de fermentados alcoólicos, os principais atributos são as de aroma e sabor. A parte aromática é formada por meio dos compostos originários da matéria-prima, durante os processos mecânicos, de fermentação e do seu envelhecimento. Já a parte do sabor é formada, principalmente, durante a fermentação, com o etanol, glicerol, alcoóis superiores e ácidos orgânicos.

O fermentado alcoólico é de extrema complexidade, por isso estudos são realizados na tentativa de determinar quais compostos são responsáveis por cada característica sensorial, porém, até hoje, não se tem uma resposta exata para esse problema (SIVERTSEN et al., 2001; DOOLEY; THRELFALL; MEULLENET, 2012).

Há, ainda, outras dificuldades na avaliação sensorial desse produto, pois sua característica aromática varia conforme o clima, solo, levedura utilizada, temperatura de fermentação e método de envelhecimento. Além disso, não há um perfil sensorial dos consumidores, isso porque há uma grande diferença entre os ‘experts’ em sensorial de fermentados e os consumidores frequentes e não frequentes desse produto (RAPP, 1998; RECLAMES et al., 2011; DOOLEY; THRELFALL; MEULLENET, 2012).

Provadores treinados em sensorial de vinhos realizaram a análise sensorial (Tabela 4) do fermentado de yacon e de dois vinhos brancos considerados por eles como padrão (Sauvignon Blanc e Chardonnay).

Tabela 4. Pontuações média dos atributos sensoriais, dados por provadores treinados, ao fermentado alcoólico de yacon envelhecido por 1 ano

Amostra	cor	acidez	taninos	corpo	qualidade olfativa	qualidade gustativa	complexidade olfativa	persistência
yacon	5,00 ^a	4,33 ^a	4,77 ^a	3,77 ^a	7,22 ^a	7,11 ^a	7,22 ^a	7,44 ^a
sauvignon blanc	5,00 ^a	4,77 ^{ab}	4,77 ^a	4,22 ^a	8,22 ^b	7,88 ^b	8,00 ^b	8,33 ^b
chardonnay	5,00 ^a	5,00 ^b	4,78 ^a	4,22 ^a	8,22 ^b	8,00 ^b	8,11 ^b	8,33 ^b

* Valores dentro de cada coluna seguidas pela mesma letra não são significativamente diferente ($p < 0,05$), segundo teste de Tukey.

Para os atributos cor, taninos e corpo nenhuma diferença significativa foi notada entre o fermentado e os dois vinhos brancos. Em relação à acidez, não houve diferença entre o fermentado de yacon e o Sauvignon Blanc. As diferenças (Figura 1) ocorreram nos atributos onde houve a presença de maior complexidade: qualidade e complexidade olfativa, qualidade gustativa e persistência.

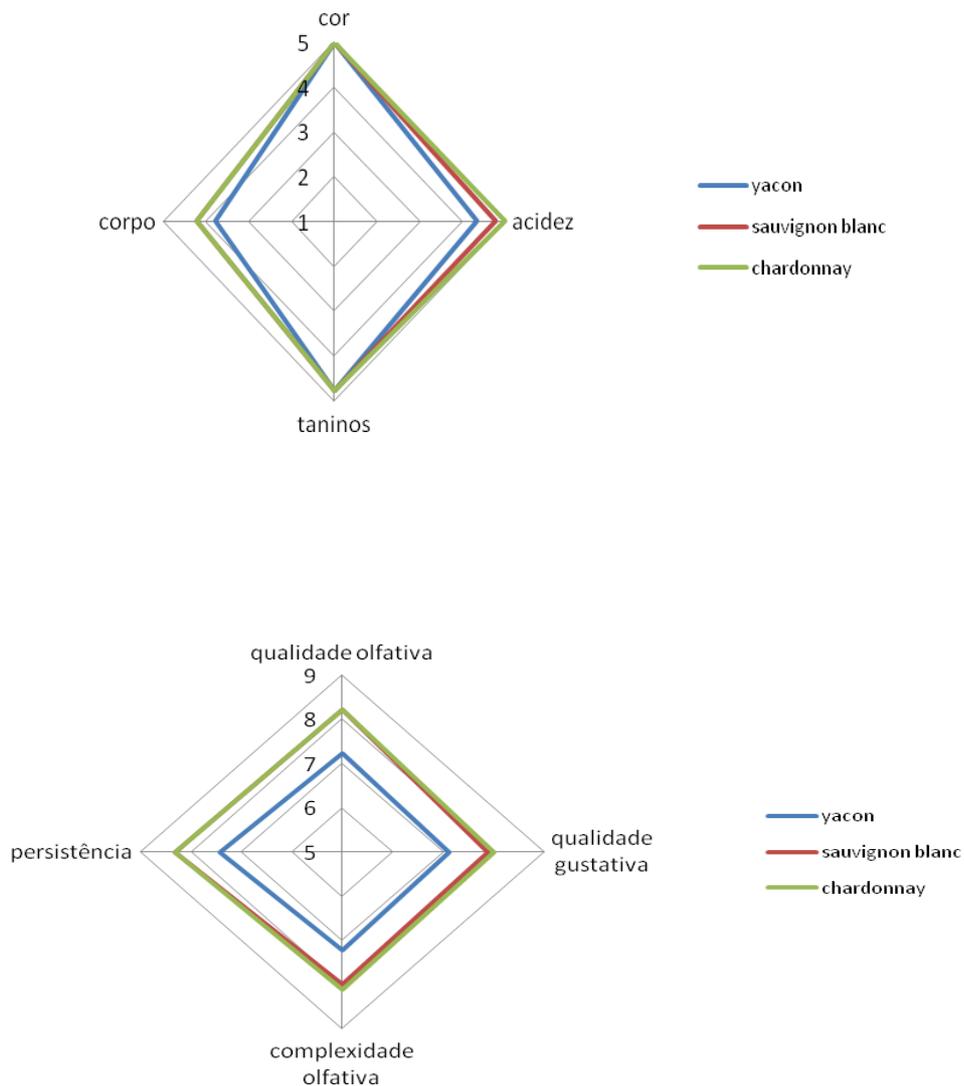


Figura 1. Gráfico aranha para os atributos sensoriais do fermentado alcoólico de yacon após 1 ano de envelhecimento

Dooley, Threlfall e Meullenet (2012) realizaram análise sensorial com provadores treinados em vinho branco (Cabernet Sauvignon) e conseguiram notas mais baixas que as

encontradas no presente trabalho, a saber, nota 5,7 para persistência, qualidade gustativa 5,94 e qualidade olfativa 6,64.

O tempo de duração do envelhecimento ainda é algo duvidoso, em razão da complexidade que envolve esse produto. Alguns pesquisadores afirmam que, ao passar de 10 meses de envelhecimento, o fermentado começa a perder seus compostos aromáticos, principalmente, os responsáveis pelo aroma frutal (SIVERTSEN et al., 2001; RECLAMES et al., 2011; MAKHOTKINA; PINEAU; KILMARTIN, 2012). Essa pode ser uma das razões pela qual a complexidade e qualidade olfativa do fermentado de yacon possuiu notas mais baixas que os dos vinhos brancos.

Outro fator que pode ter sido determinante para a avaliação da complexidade olfativa e gustativa, ser diferente significativamente, são os fatores que influenciam essas características como o tempo e posicionamento da garrafa durante o envelhecimento, tipo de levedura e matéria-prima utilizada, assim como o método de processamento (WU et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; LOSADA et al., 2012).

Meillon, Urbano e Schlich (2009) afirmam que a persistência de um fermentado está ligada a sua complexidade e teor de etanol, dessa forma, conseqüentemente houve diferença também nessa característica sensorial para o fermentado de yacon.

Outra possível explicação para as diferenças apresentadas nesse estudo sensorial, está no fato de ter sido utilizado tampa rosqueada na vedação das garrafas, esse tipo de tampa durante o envelhecimento, está relacionada à diminuição de persistência e qualidade sensorial do fermentado (LOPES et al., 2006).

Dessa forma, pode-se considerar que o fermentado alcoólico de yacon foi aceito em seus atributos descritivos pelos provadores treinados, quando comparado com vinhos já consagrados no mercado.

3.3 ACEITAÇÃO SENSORIAL – PROVADORES NÃO TREINADOS

Provadores não treinados em sensorial realizaram o teste de aceitação (Tabela 5) do fermentado de yacon e de um vinho branco (suave, grau alcoólico 11%) de grande circulação em mercados da cidade.

Como visto, o tempo prolongado da duração do envelhecimento pode ser algo que prejudique as características do fermentado, fazendo com que haja perda de compostos aromáticos (SIVERTSEN et al., 2001; RECLAMES et al., 2011; MAKHOTKINA; PINEAU; KILMARTIN, 2012). Além disso, diferentes formas de processamento da matéria-prima, para

a elaboração do fermentado, pode gerar diferenças na avaliação olfativa (LOSADA et al., 2012). Essas podem ser algumas das razões pela qual a nota para aroma foi menor, significativamente, para o fermentado de yacon.

Tabela 5. Pontuações médias dos atributos sensoriais dados pelos provadores não treinados ao fermentado alcoólico de yacon após 1 ano de envelhecimento

Fermentado	aparência	aroma	sabor	global
yacon	6,77 ^a	5,82 ^b	5,49 ^b	5,91 ^b
branco	6,83 ^a	7,10 ^a	6,81 ^a	6,82 ^a

* Valores dentro de cada coluna seguidas pela mesma letra não são significativamente diferente ($p < 0,05$), pelo teste t de Student.

Gonzalez-Vinas, Perez-Coello e Cabezudo (1997) avaliaram o envelhecimento do vinho branco, em diferentes etapas, e concluíram que o tempo também diminui a impressão global, assim como verificado para o fermentado de yacon.

Impressão global de um fermentado, segundo Dooley, Threlfall e Meullenet. (2012), é o resultado da soma das características aparência, sabor, aroma, corpo e persistência e é fundamental para a aceitação do produto.

Já para o sabor, o principal fator de influência é o teor de etanol, ou seja, seu grau alcoólico. O etanol diminui a evaporação dos compostos voláteis, dessa forma, diferentes teores de álcool gerarão diferentes sensações aromáticas (SOLEAS; DIAMANDIS; GOLDBERG, 1997).

Além disso, teores até 12,5% de álcool acentuam a sensação de doçura dos fermentados; acima desse valor, a sensação de sabor pode ser comprometido pelo alto teor alcoólico (SOUFLEROS et al., 2001; TOWANTAKAVANIT; PARK; GORINSTEIN, 2011). Essa pode ser a razão pela qual o fermentado de yacon possuiu nota menor, significativa, para sabor, uma vez que seu teor alcoólico foi de 13%.

Dessa forma, o alto teor alcoólico do fermentado influenciou a aceitação do produto, uma vez que, além do açúcar inicial presente no caldo, a levedura fez uso do FOS presente no yacon, produzindo mais etanol que o projetado inicialmente nesse estudo. A diminuição no acréscimo de açúcar inicial no caldo seria uma solução para esse problema.

4 CONCLUSÃO

O fermentado de yacon durante o envelhecimento de um ano apresentou-se estável quimicamente, com valores de acidez total e volátil e anidrido sulfuroso livre dentro do limite permitido pela legislação. Após um ano, apresentou considerável potencial antioxidante, teor de metanol dentro do permitido, e razoável aceitação sensorial entre os provadores treinados e não treinados.

Dessa forma, em razão dos parâmetros sensoriais, talvez esse tempo de um ano para o fermentado tenha sido muito longo. Tempos menores teriam maior aproveitamento para sua qualidade, principalmente em razão da perda de compostos aromáticos ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 18ed. Washington: AOAC, 2006.
- ARRUDA, A.R; CASIMIRO, A. R.S; GARRUTI, D. S; ABREU, F. A. P. Caracterização físico-química e avaliação sensorial de bebida fermentada alcoólica de banana. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38,n.4 , p. 377-384, 2007.
- BAIANO,A; TERRACONE,C; GAMBACORTA, G; LANOTTE, A. Phenolic Content and Antioxidant Activity of Primitivo Wine: Comparison among Winemaking Technologies. **Food Chemistry**, v.74, n. 3,p. 258-267, 2009.
- BARTOWSKY,E.J; XIA, D; GIBSON, R.L; FLEET, G.H; HENSCHKE, P.A. Spoilage of bottled red wine by acetic acid bacteria. **Letters in Applied Microbiology**, v.36, n.5, p. 307-314, 2003.
- BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, M.E; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food science and Technology**, Londres, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria n.º 229. **Ministerio da Agricultura e do Abastecimento**, Brasília, 25 de outubro de 1988.
- CABAROGLU, T. Methanol contents of Turkish varietal wines and effect of processing. **Food Control**. v. 16, n. 2, p. 177-181, 2005.
- CEJUDO-BASTANTE, M.J; PÉREZ-COELLO, M.S; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Effect of wine micro-oxygenation treatment and storage period on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. **Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 866-874, 2011.
- CLIFF, M. A., KING, M. C., & SCHLOSSER, J. Anthocyanin, phenolic composition, colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines. **Food Research International**, v. 40, n. 1, p. 92–100, 2007.
- DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; CARLOS, L.; LIMA, O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 342–350, 2003.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; FREIRE, E. S.; SERÔDIO, R. D. S. Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 42, p.319–329, 2007.

DIÁAZ-MAROTO, M. C; CHNEIDER, R.; BAUMES, R. Formation Pathways of Ethyl Esters of Branched Short-Chain Fatty Acids during Wine Aging. **Journal of Agricultural food and chemistry**,v. 53, p.3503-3509, 2005.

DOOLEY, L.; THRELFALL, R. T.; MEULLENET, J.-F. Optimization of blended wine quality through maximization of consumer liking. **Food Quality and Preference**, v. 24, p. 40–47, 2012.

DRYSDALE, G.S. AND FLEET, G.H. The growth and survival of acetic acid bacteria in wines at different concentrations of oxygen. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.40, n. 2, p. 99–105, 1989.

DUARTE, W. F., DIAS, D. R., PEREIRA, G. V. M., GERVÁSIO, I. M., SCHWAN, R. F. Indigenous and inoculated yeast fermentation of gabiropa (*Campomanesia pubescens*) pulp for fruit wine production. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v.36, p. 557–569, 2009.

DUARTE, W. F., DIAS, D. R., OLIVEIRA, J.M., TEIXEIRA, J. A., SILVA, J. B. A., SCHWAN, R. F. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabiropa, jaboticaba and umbu. **LWT Food Science and Technology**,v. 43, p.1564–1572, 2010.

FANZONE, M.; ZAMORA, F.; JOFRÉ, V.; ASSOFF, M.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; PEÑA-NEIRA, A. Phenolic characterisation of red wines from different grape varieties cultivated in Mendoza province (Argentina). **Journal of the science of food and agriculture** v. 92, p. 704–718, 2011.

FERNANDES- PANCHON, M; VILLANO, D; TRONCOSO, A.M; GARCIA-PARRILLA, M.C. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds: From In Vitro Results to In Vivo Evidence. **Food Science and Nutrition**, Flórida, v. 48, n. 7, p.649-671, 2004.

GIRARD, B., YUKSEL, D., CLIFF, M. A., DELAQUIS, P., & REYNOLDS, A. G. Vinification effects on the sensory, colour and GC profiles of Pinot noir wines from British Columbia. **Food Research International**, v.34, n.6, p. 483–499, 2001.

GODDEN, P.; FRANCIS, L.; FIELD, J.; GISHEN, M.; COULTER, A.; VALENTE, P.; HOJ, P.; ROBINSON, E. Wine bottle closures: Physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillion wine. Performance up to 20 months post-bottling. **Australian Journal of Grape and Wine**. v. 7, n.2 , p. 62-105, 2001.

GÓMEZ GARCÍA-CARPINTERO, E.; GÓMEZ GALLEGO, M. A; SÁNCHEZ-PALOMO, E.; GONZÁLEZ VIÑAS, M. a Impact of alternative technique to ageing using oak chips in alcoholic or in malolactic fermentation on volatile and sensory composition of red wines. **Food chemistry**, 2012, 134, 851–63.

GONZALEZ-VINAS, M.A; PEREZ-COELLO, M.S; CABEZUDO, M.D. Sensory analysis of aroma attributes of young airi~n white wines during storage in the bottle. **Journal of Food Quality**, v. 21, n.4, p. 285-297, 1997.

GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M; GONZÁLEZ-BARREIRO, C; CANCHO-GRANDE, B; SIMAL-GÁNDARA, J. Relationships between Godello white wine sensory properties and its aromatic fingerprinting obtained by GC–MS. **Food Chemistry**, v.129, n.3, p.890-898, 2011.

HOLT, H. E., FRANCIS, I. L., FIELD, J., HERDERICH, M. J., & ILAND, P. G. Relationships between wine phenolic composition and wine sensory properties for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*L.).**Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 14,n. 2, p. 162–176, 2008.

HONDO, M; OKUMURA, Y; YAMAK, T. A Preparation Method of Yacon Vinegar Containing Natural Fructooligosaccharides. **Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi**, v. 47, n. 10, p. 803-807,(2000).

ISO (International Organization for Standardization) 3591. **Sensory analysis - Wine tasting glass**, 1997.

ISO (International Organization for Standardization) 8589. **Design of Test Rooms for Sensory Analysis of Food**, 1998.

JACKSON, R.S. **Wine Tasting**: a professional handbook. Food Science and Technology International Series. Ed. Elsevier, California, Estados Unidos, 2002.

JERMYN, M.A. A new method for the determination of ketohexoses in presence of aldohexoses. **Nature**, v.177, n., p.38-39, 1956.

LAMBRI, M; DORDONI,R; SILVA, A; DE FAVERI, D. Comparing the impact of bentonite addition for both must clarification and wine fining on the chemical profile of wine from Chambave Muscat grapes. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n.1, p. 1-12, 2012.

KALLITHRAKA, S; SALACHA, M.I; TZOUROU, I. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of white wine during bottle storage: Accelerated browning test versus bottle storage. **Food Chemistry**, Londres, v. 113, n.2 , p. 500-505, 2009.

LOPES, P.; SAUCIER, C.; TEISSEDRE, P.; GLORIES, Y. Impact of Storage Position on Oxygen Ingress through Different Closures into Wine Bottles. **Journal of Agricultural food and chemistry**, v.54, p.6741-6746, 2006.

LOSADA, M.M; LOPEZ, J.F; ANÓN,A; ANDRES, J; REVILLA, E. Influence of some oenological practices on the aromatic and sensorial characteristics of white Verdejo wines. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n.9, p. 1826–1834, 2012.

MAKHOTKINA, O; PINEAU, B; KILMARTIN, P.A. Effect of storage temperature on the chemical composition and sensory profile of Sauvignon Blanc wines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 18, n. 2, p.91-99, 2012.

MEILLON, S.; URBANO, C.; SCHLICH, P. Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. **Food Quality and Preference**, 2009, 20, 490–499.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

MILARDOVIC, S; KEREKOVIC, I; RUMENJAK, V. A flow injection biampometric method for determination of total antioxidant capacity of alcoholic beverages using bienzymatically produced ABTS. **Food Chemistry**. v. 105, n. 4, p 1688–1694, 2007

MONAGAS, M., GOMEZ-CORDOVES, C., & BARTOLOMÉ, B. Evolution of the phenolic content of red wines from *Vitis vinifera* L. during ageing in bottle. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 405–412, 2006.

NOGUEROL-PATO, R; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, M; GONZÁLEZ-BARREIRO, C; CANCHO-GRANDE, B; SIMAL-GÁNDARA, M. Aroma profile of Garnacha Tintorera-based sweet wines by chromatographic and sensorial analyses, **Food Chemistry**, v.134, n.4, p.2313-2325, 2012.

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.

OLIVEIRA, M. E. S.; PANTOJA, L.; DUARTE, W. F.; COLLELA, C. F.; VALARELLI, L. T.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v.44, p.2391–2400, 2011.

PADILLA, E; RUIZ, E; REDONDO, S; GORDILLO-MOSCOSO, A; SLOWING, K; TEJERINA, T. Relationship between vasodilation capacity and phenolic content of Spanish wines. **European Journal of Pharmacology**, v. 517, n. 2, p. 84-91, 2005.

PEREIRA, I.M; MORETTI, R.H. Caracterização física, química e sensorial do vinho branco se sauvignon blanc tratado com polivinilpirrolidona (PVPP). **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.17, n.2, p.192-195, 1998.

PORGALI, E; BÜYÜKTUNCEL, E. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 145- 154, 2012.

RAPP, A. Volatile flavour of wine : Correlation between instrumental analysis and sensory perception. **Nahrung/Food**, v. 42, p.351-363, 1998.

RECAMALES, A. F.; GALLO, V.; HERNANZ, D.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. Effect of Time and Storage Conditions on Major Volatile Compounds of Zalema White Wine. **Journal of Food Quality**, v.34, p.100–110, 2011.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv.cabernet sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2003

RIZZON, L.A. GATTO, N.M.: Características analíticas dos vinhos da microrregião homogênea vinicultora de Caxias do Sul (MRH 311): análises clássicas. Bento Gonçalves: **Embrapa**, 5 p. (Comunicado Técnico), v. 6, 1987.

RUFINO, M.S.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS. Comunicado Técnico **Embrapa** n.128, 2007.

SÁENZ-NAVAJAS, M.-P.; AVIZCURI, J.-M.; FERREIRA, V.; FERNÁNDEZ-ZURBANO, P. Insights on the chemical basis of the astringency of Spanish red wines. **Food Chemistry**, 2012, 134, 1484–1493.

SANCHEZ-MORENO, C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems [Review]. **Food Science & Technology International**, v. 8, n. 3, p. 121–137, 2000.

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

SANTO, D.; GALEGO, L.; GONÇALVES, T.; QUINTAS, C. Yeast diversity in the Mediterranean strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits' fermentations. **Food Research International**. v.47, n. 1, p. 45-50, 2012.

SATORA, P.; TARKO, T.; DUDA-CHODAK, D.; SROKA, P.; TUSZYNSKI, T.; CZEPIELIK, M. Influence of Prefermentative Treatments and Fermentation on the Antioxidant and Volatile Profiles of Apple Wines. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 57, n. 23, p. 11209-11217, 2009.

SIVERTSEN, H.K.; FIGENSCHOU, E.; NICOLAYSEN, F.; RISVIK, E. Sensory and chemical changes in Chilean Cabernet Sauvignon wines during storage in bottles at different temperatures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, n.15, p. 1561-1572, 2001.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima, Peru: **Centro Internacional de la Papa (CIP)**, Universidad Nacional de Cajamarca, 2003. (http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf)(07/2010).

SILVA, R.N.; MONTEIRO, V.N.; ALCANFOR, J.D.; ASSIS, E.M.; ASQUIERI, E.R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p. 337-341, 2003.

SOLEAS, G. J.; Diamandis, E. P.; Goldberg, D. M. Wine as a Biological Fluid : History , Production , and Role in Disease Prevention. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, v.313, p.287–313, 1997.

SOUFLEROS, E.H; PISSA, I; PETRIDIS, D; LYGERAKIS, M; MERMELAS, K; BOUKOUVALASB, G; TSIMITAKIS, E. Instrumental analysis of volatile and other compounds of Greek kiwi wine; sensory evaluation and optimisation of its composition. **Food Chemistry**, v. 75, n.4 , p. 487–500, 2001.

TOWANTAKAVANIT, K; PARK, Y.S; GORINSTEIN, S. Quality properties of wine from Korean kiwifruit new cultivars. **Food Research International**. v, 44, n.5, p. 1364-1372, 2011.

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.

VILLANO, D., FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S., MOYÁ, M. L., TRONSOCO, A. M., & GARCÍA-PARRILLA, M. C. The antioxidant activity of wines determined by the ABTS+ method: Influence of sample dilution and time. **Talanta**, v.64, n.2, p. 501–509, 2004.

WU, Y.; ZHU, B.; TU, C.; DUAN, C.; PAN, Q. Generation of Volatile Compounds in Litchi Wine during Winemaking and Short-Term Bottle Storage. **Journal of Agricultural food and chemistry**, v.59, p.4923–4931, 2011.

ZIELISKI, H., KOZOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 6, p. 2008-2016, 2000.

CONCLUSÃO GERAL

O fermentado alcoólico de yacon apresentou características químicas semelhantes a outros fermentados de frutas produzidos, inclusive ao vinho e estável quimicamente durante o envelhecimento. Além disso, apresentou considerável potencial antioxidante, teor de metanol dentro do permitido, e boa aceitação sensorial entre os provadores treinados e não treinados.

Com isso, a produção de um fermentado alcoólico de yacon é possível e pode ser uma alternativa para pequenos agricultores e pequenas indústrias, dessa forma, o objetivo desse trabalho foi alcançado, uma vez que, possível sua produção durante todas etapas de produção (fermentação lenta, rápida e envelhecimento) todos os parâmetros químicos monitorados se mostraram conforme o esperado (comparando com outras referências) e o desejado.

APÊNDICE A – Patente do fermentado alcoólico de yacon

<p style="text-align: center;">< Uso exclusivo do INPI ></p> <p style="text-align: center;">Espaço reservado ao protocolo</p>	<p style="text-align: right;"> <small>PARTE</small> <small>PROTÓTIPO 359A</small> 026120000081 09/03/2012 11:40 REGO  BR 10 2012 005273 3 </p> <p style="text-align: center;">Espaço para etiqueta</p>
---	--

DEPÓSITO DE PEDIDO DE PATENTE OU DE CERTIFICADO DE ADIÇÃO

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:
O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas

1. Depositante (71):

1.1 Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

1.2 Qualificação ICT

1.3 CNPJ/CPF: 01567601000143

1.4 Endereço Completo: PRÉDIO DA REITORIA, CAMPUS SAMAMBAIA, UFG, GOIÂNIA-GO

1.5 CEP: 74001-970 1.6 Telefone (62) 35211340 1.7 Fax: (62) 35211163

1.8 E-mail: teodoro@prppq.ufg.br

continua em folha anexa

2. Natureza: Invenção Modelo de Utilidade Certificado de Adição

Escreva, obrigatoriamente, e por extenso, a Natureza desejada: patente de invenção

3. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):
FERMENTADO ALCOÓLICO DE YACON (SMALLANTHUS SONCHIFOLIA) :PROCESSO DE OBTENÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão: do pedido N° _____ Data de Depósito: _____

5. Prioridade: interna unionista

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

País ou organização de origem	Número de depósito	Data do depósito

6. Inventor (72):

Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)

6.1 Nome: CAMILA CHEKER BRANDÃO

6.2 Qualificação ENGENHEIRA DE ALIMENTOS 6.3 CPF: 00967488184

6.4 Endereço completo AV.T5, 1214, ED.SOL DO ARAGUAIA - ST.BUENO

6.5 CEP: 74230042 6.6 Telefone: 62-32596899 6.7 Fax: _____

6.8 E-Mail: camilacheker@yahoo.com.br

continua em folha anexa

