



NÁDIA NARA BATISTA

**SELEÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS
AMIOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE
SORVETE DE INHAME (*Dioscorea* sp)**

**LAVRAS-MG
2018**

NÁDIA NARA BATISTA

**SELEÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS AMILOLÍTICAS
PARA A PRODUÇÃO DE SORVETE DE INHAME (*Dioscorea* sp)**

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

Prof^a Dr^a Rosane Freitas Schwan
Orientadora
Prof^a Dr^a Cintia Lacerda Ramos
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2018**

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

Batista, Nádia Nara.

Seleção e utilização de bactérias amilolíticas para a produção
de sorvete de inhame (*Dioscorea* sp) / Nádia Nara Batista. - 2018.
66 p. : il.

Orientador(a): Rosane Freitas Schwan.

Coorientador(a): Cintia Lacerda Ramos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Inhame. 2. Fermentação. 3. Bactérias do ácido láctico. I.
Schwan, Rosane Freitas. II. Ramos, Cintia Lacerda. III. Título.

NÁDIA NARA BATISTA

**SELEÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS
AMIOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE SORVETE DE INHAME
(*Dioscorea sp*)**

**SELECTION AND USE OF AMYLOLYTIC BACTERIA FOR
THE PRODUCTION OF YAM ICE CREAM (*Dioscorea sp*)**

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

APROVADA em 23 de fevereiro de 2018.

Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli	UFLA
Dr. Disney Ribeiro Dias	UFLA
Dra. Karina Teixeira Magalhães- Guedes	UFBA
Dra. Maria Gabriela da Cruz Pedroso Miguel	UFLA

Prof^a Dr^a Rosane Freitas Schwan
Orientadora
Prof^a Dr^a Cintia Lacerda Ramos
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e aos programas de pós-graduação em Ciência dos Alimentos e Microbiologia Agrícola pelo apoio durante a realização deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa de MG – FAPEMIG - pela concessão da bolsa de doutorado.

À professora Dra. Rosane Freitas Schwan, pela confiança e orientação durante esses anos de pesquisa. À professora Dra. Cintia Lacerda Ramos, pela coorientação, dedicação e profissionalismo.

À minha família que, mesmo longe, esteve sempre presente na minha vida e acreditando nos meus sonhos, mesmo quando pareciam inalcançáveis. Sempre me incentivando, torcendo e vibrando com as minhas conquistas.

Ao meu marido, Leandro, por estar sempre ao meu lado, me apoiando, incentivando todas as minhas decisões.

Aos amigos e técnicos de laboratório pelo companheirismo, ensinamento e paciência.

RESUMO

Bactérias do ácido láctico (BAL) são comumente utilizadas como culturas iniciadoras em processos fermentativos, pois além da sua característica probiótica, elas podem fermentar uma variedade de substratos. Pesquisa e desenvolvimento de novos produtos a base de plantas tem aumentado nos últimos anos devido a crescente procura por alimentos industrializados não lácteos, que contribuam com a saúde e bem-estar do consumidor. No entanto, um dos maiores desafios enfrentados é em relação à aceitabilidade do produto final. Com isso, o objetivo deste trabalho foi selecionar bactérias lácticas amilolíticas produtoras de fitase, e avaliar o seu comportamento durante a fermentação da massa de inhame. Além disso, desenvolver e caracterizar um alimento fermentado não lácteo, bem como avaliar a sua aceitabilidade pelos consumidores. Treze cepas de BAL foram previamente selecionadas quanto a produção de amilase. Dentre essas cepas, *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, *Lactobacillus plantarum* CCMA 0744 e *Lactobacillus fermentum* CCMA 0745 foram selecionadas devido a capacidade de produzirem fitase, reduzirem o pH do meio (6.0 para aproximadamente 3.8) e crescerem (em torno de 8 log UFC/mL) durante 24h de fermentação. Dentre as cepas previamente selecionadas, *Leu. lactis* CCMA 0415 foi a cepa selecionada durante a fermentação da massa de inhame, pois manteve a viabilidade celular acima de 8 log UFC/mL, e não reduziu concentração de diosgenina (8.0 µg/mL) após 24 h de fermentação. Sendo assim, o sorvete foi preparado a partir da massa de inhame, fermentada e não fermentada. A fermentação foi conduzida pela *Leu. lactis*, que permaneceu viável (10^7 UFC/g) durante 90 dias de estocagem. O processo fermentativo reduziu a concentração de amido (26.82 para 22.35%) e proteína (4.68 para 3.99%), e promoveu aumento na concentração de alguns minerais, provavelmente, devido à redução na concentração do fitato. A concentração de fenólicos totais, para o sorvete fermentado e não fermentado, foi de 51 e 54 mg, respectivamente, e a capacidade de redução da atividade antioxidante foi de 18 e 10% pelo método DPPH e de 44 e 26% pelo método ABTS, respectivamente. O sorvete foi caracterizado como um fluido não Newtoniano, apresentando comportamento pseudoplástico ($n < 1$). Baixos valores de melting (0,5 g/min) e altos valores de overrun ($> 200\%$) foram obtidos para o sorvete. Os testes de aceitação e CATA foram realizados em duas sessões. No teste de aceitação, o atributo sabor apresentou diferença significativa ($p < 0,05$). A descrição do sorvete foi obtida pelo teste CATA e os resultados foram analisados através da análise dos componentes principais. A primeira sessão foi caracterizada pela percepção do sabor água de coco e ácido e textura arenosa, enquanto que na segunda sessão a percepção foi sabor iogurte e textura cremosa. Sendo assim, *Leu. lactis* CCMA 0415 apresentou-se como uma cepa promissora para ser utilizada como cultura iniciadora em processos fermentativos utilizando cereais, raiz e tubérculos. Além disso, a massa de inhame fermentada utilizada para a elaboração do sorvete apresentou resultados que indicam que o inhame é um bom substituinte ao leite.

Palavras-chave: inhame, fermentação e bactérias do ácido láctico.

ABSTRACT

The lactic acid bacteria (LAB) are commonly used as starter culture in fermentative process because in addition their probiotic properties they can ferment different substrates. Researches and developments of new plant-based foods have increased in recent years due the growing demand of non-dairy industrialized foods that contribute to consumer health and well-being. However, the main challenge of these products is the acceptability of the final product. The aim of the study was to select amylolytic lactic acid bacteria producing phytase and to evaluate their behavior during yam fermentation. In addition, non-dairy fermented foods with reduced fat concentration was developed and characterized, and its acceptability by consumers was also evaluated. Thirteen strains of LAB were previously selected for amylase production. Among these strains, *Leu. lactis* CCMA 0415, *Lb. plantarum* CCMA 0744 and *Lb. fermentum* CCMA 0745, were selected due their ability to produce phytase, reduce the pH (from 6.0 to around 3.8) and grow (reaching around 8 log UFC/mL) during 24h of fermentation. Among them, *Leu. lactis* CCMA 0415 was selected for next studies because its ability to keep viability above 8 log UFC/mL and did not reduce diosgenin concentration (8.0 µg/mL) after 24h of yam fermentation. A non-dairy with reduced fat ice cream was prepared from fermented and non-fermented yams. The fermentation was conducted by selected *Leu. lactis*, which remained viable (10^7 CFU/g) for 90 days of storage. The fermentative process reduced the concentration of starch (from 26.82 to 22.35%) and protein (from 4.68 to 3.99%), and increased some minerals concentration probably due to the reduction in phytate concentration. The total phenolics concentration for the fermented and non-fermented ice cream was 51 and 54 mg, respectively, and the radical scavenging activity was 18 and 10% by the DPPH methods and 44 and 26% by the ABTS methods, respectively. The ice cream was characterized as non-Newtonian fluid and exhibiting pseudoplastic behavior ($n < 1$). Low value of melting (0.5 g/min) and high value of overrun (>200%) were obtained for ice cream. Sensorial analysis was performed by acceptance and CATA tests evaluated in two sessions. In the acceptance test, the flavor attribute showed a significant difference ($p < 0.05$) between the two sessions. The ice cream description was obtained by CATA test and the results were analyzed by principal component analyses (PCA) which showed two distinctive group, one for first session and other for the second session. The first session was characterized by coconut water and acid flavor and sandy texture, while the second session the perception was yogurt flavor and creamy texture. Therefore, *Leu. lactis* CCMA 0415 is a promising strain to be used as starter culture in yam fermentative processes. The fermented yam showed to be a good substitute for milk to produce ice cream with reduced fat content.

Key-words: yam, fermentation and lactic acid bacteria

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	8
1 Introdução	8
2 Referencial teórico	10
2.1 Inhame	10
2.2 Bactérias lácticas	12
2.3 Fatores antinutricionais	14
3 Considerações Finais	16
Referências	17
SEGUNDA PARTE	21
ARTIGO 1.....	21
Fermentation of yam (<i>Dioscorea</i> spp. L.) by phytase-producing lactic acid bacteria strains.....	21
ARTIGO 2.....	41
Produção e caracterização de sorvete elaborado a partir de inhame fermentado por <i>Leuconostoc lactis</i> CCMA0415	41
ARTIGO 3.....	58
Informação como um determinante na aceitação de sorvete a base de inhame fermentado	58

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Dioscorea sp. (inhame) é uma monocotiledônea que possui mais de 600 espécies distribuídas nas regiões de clima temperado e tropical, sendo que 96% da produção se concentra na África ocidental, principalmente nas regiões da Nigéria, Gana, Costa do Marfim e Benim (FAO, 2016). O Brasil ocupa a décima quinta posição, com produção em torno de 245 mil toneladas (FAO, 2016).

Muitas espécies de inhame são conhecidas pelo seu efeito hipoglicêmico, hipocolesterolêmico, prebiótica e antioxidante (HAN et al., 2013; HUANG et al., 2012; HUANG; LIU; JAN, 2010). No entanto, a presença de fatores antinutricionais, como fitato e oxalato, pode atuar diminuindo a digestibilidade e absorção dos nutrientes, reduzindo o valor nutricional desses alimentos (BENEVIDES et al., 2011).

O processo fermentativo e a cocção auxiliam na redução dos compostos antinutricionais, e contribuem com a qualidade nutricional do produto final. Os ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação promovem a redução do pH do meio, limitando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, e auxiliando na atividade da enzima fitase (PATEL et al., 2012; PENG et al., 2011).

A crescente demanda por alimentos que ofereçam benefícios à saúde, ou que auxiliem na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, tem estimulado a indústria alimentícia a investir no desenvolvimento de alimentos a base de plantas, pois estima-se que 70% da população mundial apresenta algum tipo de intolerância a lactose (HEINE et al., 2017).

As plantas são constituídas de compostos bioativos capazes atuarem nos sistemas cardiovascular, imune, nervoso e digestivo (RAMIREZ et al., 2015). Diosgenina, dioscorina e alantoína são compostos bioativos presentes no inhame. Dentre eles, a diosgenina apresenta-se como um composto de grande interesse comercial devido as

suas propriedades farmacológicas, pois atua como precursor da síntese de esteroides (PATEL et al., 2012; PENG et al., 2011).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi selecionar bactérias lácticas amilolíticas produtoras de fitase e avaliar o seu comportamento durante a fermentação da massa de inhame. Além disso, desenvolver e caracterizar sorvete fermentado não lácteo, bem como avaliar a sua aceitabilidade pelos consumidores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inhame

O inhame é uma monocotiledônea, geralmente trepadeira herbácea, pertencente à família Dioscoreaceae e ao gênero *Dioscorea*, que possui mais de 600 espécies amplamente distribuídas nas regiões de clima temperado e tropical, sendo produzido, principalmente, na África ocidental, seguida do Caribe e América do Sul (AL-SHEHBAZ; SHUBERT, 1989; PEDRALLI, 2002; SAUTOUR; MITAINE-OFFER; LACAILLE-DUBOIS, 2007).

No Brasil há uma confusão na terminologia ‘inhame’ e ‘cará’ utilizada para se referir as espécies de *Dioscorea* sp. e *Colocasia* sp. No entanto, no I Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Cará, realizado em Venda Nova do Imigrante/ES, em abril de 2001, ficou estabelecido que os gêneros *Colocasia* sp e *Dioscorea* sp passam a ter a denominação definida de ‘taro’ e ‘inhame’, respectivamente.

Em média, são produzidas 250 mil toneladas de inhame por ano no Brasil, e esta produção concentra-se nas regiões sudeste e nordeste (FAO, 2016). Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e Pernambuco são os principais estados produtores de inhame, sendo as espécies *Dioscorea alata* L. e *Dioscorea cayenensis* comercialmente cultivadas nas regiões sudeste e nordeste, respectivamente (PERESSIN, VALDEMIR ANTONIO FELTRAN, 2014).

O inhame é principalmente comercializado *in natura* e a sua composição é caracterizada pela presença de carboidratos, aminoácidos essenciais, minerais e vitaminas, tais como tiamina, riboflavina, niacina, vitamina A e ácido ascórbico. Além disso, são encontrados compostos bioativos resultantes do metabolismo secundário das plantas como diosgenina, alantoína e a dioscorina (HAN et al., 2013; HUANG et al., 2012; HUANG; LIU; JAN, 2010; NIU et al., 2010).Dentre os compostos bioativos, a diosgenina é encontrada em maior proporção no inhame e apresenta grande potencial farmacológico, pois ao seu consumo têm sido atribuídos diversos efeitos biológicos benéficos como agente antitumoral, imunoregulador,

hipoglicêmico, hipocolesterolêmico, antitrombótica, entre outros (GONG; QIN; HUANG, 2011; HUANG; LIU; JAN, 2010).

No entanto, fatores antinutricionais, como o oxalato e o fitato, são comumente encontrados em preparações a base de plantas, e podem atuar diminuindo a digestibilidade e absorção de nutrientes (BENEVIDES et al., 2011). O oxalato é composto por sais ou ésteres do ácido oxálico, que não são metabolizados pelo organismo humano, sendo excretados na urina (FINCH; KASIDAS; ROSE, 1981). Entretanto, sua elevada concentração na urina aumenta o risco da formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins, devido à formação de compostos insolúveis quando complexado com Ca^{2+} (FINCH; KASIDAS; ROSE, 1981; HANSON; FRANKOS; THOMPSON, 1989).

Os fitatos são derivados do ácido fítico ou ácido hexafosfórico mioinositol, que formam compostos insolúveis quando complexados com minerais, tais como Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} e Ca^{2+} , reduzindo a biodisponibilidade desses minerais (GREINER; KONIETZNY, 2006; LOPEZ et al., 2002). Além disso, interagem com proteínas e podem se ligar as proteases endógenas como pepsina, tripsina, β -galactosidase, pancreatina e a α -amilase, inibindo a atividade dessas enzimas, com conseqüente decréscimo da digestibilidade de aminoácidos e proteínas (GREINER; KONIETZNY, 2006; LOPEZ et al., 2002; REDDY; PIERSON, 1994).

A redução da concentração dos compostos antinutricionais do inhame pode ser obtida a partir de processamentos pós-colheita, tais como a fermentação e a cocção. Desses, a cocção é um tratamento térmico mais efetivo na eliminação do oxalato de cálcio, pois 50 a 75% do oxalato presente no alimento apresentam-se solúveis em água (WANASUNDERA; RAVINDRAN, 1994).

O processo fermentativo, utilizando microrganismos produtores de fitase, consegue reduzir até 70% da concentração de fitato (AMOA; MULLER, 1976). Essa redução ocorre através da hidrólise do ácido fítico em mio-inositol e ácido fosfórico (KONIETZNY; GREINER, 2002). Além disso, a produção de metabólitos como os ácidos orgânicos, durante o processo fermentativo, pode proporcionar a ativação da fitase endógena das plantas e auxiliar na degradação da enzima polifenoloxidase, responsável

pelo escurecimento do tubérculo (OLUWOLE et al., 2016; OMIDIJI; OKPUZOR; OTUBU, 2006).

2.2 Bactérias lácticas

A fermentação é uma das formas mais antigas de processamento e conservação de alimentos, comumente empregada na indústria com intuito de prolongar a vida de prateleira e melhorar a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (BOURDICHON et al., 2012).

Dentre os microrganismos, as bactérias lácticas são comumente utilizadas como culturas iniciadoras durante a elaboração de alimentos e bebidas fermentadas. A sua versatilidade metabólica contribui com a produção de ácidos orgânicos, bactericinas, exopolissacarídeos e enzimas. Algumas espécies apresentam propriedades probióticas, e geralmente, são consideradas como seguras (GRAS) para o consumo (LIU; HAN; ZHOU, 2011).

Dentre os alimentos fermentados, os produtos lácteos são os mais consumidos pela população mundial. As características físicas e sensoriais desses produtos são gerados a partir dos metabólitos durante o processo fermentativo, conduzido por bactérias ácido láctico (CARMINATI et al., 2010). As principais espécies utilizadas são *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* e *Leuconostoc lactis* (CARMINATI et al., 2010).

Além dos lácteos, a elaboração de produtos a base de plantas tem despertado grande interesse da indústria alimentícia devido ao aumento do consumo de alimentos sem lactose. Embora a composição das plantas contenha alguns fatores antinutricionais (tanino e fitato), o processo fermentativo auxilia na sua redução, melhorando as propriedades nutricionais desses alimentos. Tanto o tanino quanto a fitase complexam com minerais e proteínas reduzindo a sua biodisponibilidade. Porém, algumas espécies de bactérias lácticas são capazes de produzir fitase e tanase, que irão atuar reduzindo à formação de complexos insolúveis, aumentando a

biodisponibilidade de minerais e proteínas no alimento (ELKHALIFA; ELTINAY, 1994; MANGWE et al., 2016).

O primeiro alimento probiótico a base de vegetal foi elaborado em 1994 pela Skane Dairy, na Suécia. O produto era constituído por aveia, bactérias do ácido láctico e cevada maltada, que foi adicionada em diferentes bebidas a base de fruta na concentração de 5% para fornecer o sabor frutado. A bactéria láctica resistiu ao pH baixo (2,8-3,4) e permaneceu viável por mais de um mês sob refrigeração (PANGHAL et al., 2018).

Em 2006, o mercado norte americano lançou um produto parecido, denominado “Goodbelly”. Além disso, bebidas energéticas, sucos de frutas e sorvete probiótico não-lácteo foram lançadas pela Danisco e fórmulas infantis foram desenvolvidas pela Nestle (PANGHAL et al., 2018)

Uma das dificuldades encontradas durante a elaboração de produtos fermentados a base de plantas é a aceitabilidade do produto final, que está diretamente relacionada com o perfil dos compostos voláteis e não voláteis produzidos durante o processo fermentativo (PERRICONE et al., 2015).

As bactérias do ácido láctico formam um grupo heterogêneo que tem como metabólico em comum o ácido láctico, como principal produto resultante da fermentação de carboidratos (CARR; CHILL; MAIDA, 2002).

Lactococcus, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* e algumas espécies de *Lactobacillus* apresentam o metabolismo homofermentativo, ou seja, fermentam açúcares à piruvato através da via Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP), que será convertido a ácido láctico pela lactato desidrogenase. Em condições de restrição alimentar como limitação de carbono, o metabolismo pode ser deslocado para o metabolismo de ácidos, que é caracterizado pela produção de formato, acetato, etanol ou CO₂ além do lactato (MAYO et al., 2010).

Leuconostoc, *Oenococcus*, e alguns *Lactobacillus* apresentam o metabolismo heterofermentativo e, geralmente, fermentam açúcares pela via fosfoquetolase (PKP). As hexoses são convertidas em lactato, etanol e CO₂. O CO₂ é produzido durante a etapa de conversão da hexose em pentose, através da degradação do gluconato-6-fosfato. A fermentação de pentose resulta na formação de piruvato e acetilfosfato, sendo convertidos em lactato e acetato, respectivamente (MAYO et al., 2010).

Os compostos voláteis são produzidos, principalmente, durante o catabolismo dos aminoácidos. As bactérias do ácido láctico são auxotróficas para uma variedade de aminoácidos, e os principais componentes do sistema proteolítico são a quebra das proteínas em peptídeos pela protease; sistema de transporte que transloca os produtos da quebra através da membrana citoplasmática e a degradação de peptídeos a aminoácidos por peptidases. Esses aminoácidos serão ainda degradados por vias metabólicas dependentes, para gerar os compostos voláteis responsáveis pelo perfil do aroma em alimentos fermentados.

2.3 Fatores antinutricionais

Produtos de origem vegetal, como cereais, tubérculos e legumes, são amplamente consumidos no mundo. Além de serem ricos nutricionalmente, podem apresentar fatores antinutricionais, tais como fitato, oxalato, taninos e glicosídeos cianogênicos, que atuam diminuindo o valor nutricional desses alimentos, e interferindo na biodisponibilidade de minerais e proteínas (REDDY; PIERSON, 1994). No entanto, alguns processos como germinação, cozimento, branqueamento e fermentação, são efetivos na redução desses compostos antinutricionais.

O fitato é a principal forma de armazenamento de fósforo nas plantas, representando 60–80% do fosfato total (LOEWUS, 2001). Essa molécula possui seis grupos fosfato que se estendem a partir do anel de mio-inositol. Quando presente no alimento, forma complexos insolúveis com minerais divalentes e proteínas, reduzindo a sua disponibilidade e interferindo na atividade de algumas enzimas digestivas como tripsina e pepsina (DVORÁKOVÁ; VOLFOVÁ; KOPECKÝ, 1997; LOEWUS, 2001; WODZINSKI; ULLAH, 1996).

Fitase é uma fosfotriesterase (EC3.1.3.8) que catalisa a hidrólise do ácido fítico em mio-inositol e ácido fosfórico, produzindo fosfato disponível e um composto quelante não metálico (GOBBETTI et al., 2005). Essa enzima pode ser produzida tanto por plantas quanto por microrganismos (KUMAR et al., 2010).

A hidrólise do fitato, no processo de branqueamento, ocorre devido à ativação da fitase presente na planta, e depende da temperatura e pH ótimo para ativação da enzima. Os valores ótimos de temperatura se encontram em torno de 45 a 65°C, e de pH em torno de 5,0 e 6,0 (GREINER; KONIETZNY, 1999). Na germinação, as sementes utilizam o fitato como fonte de fosfato inorgânico (KUMAR et al., 2010). Durante a fermentação, o rápido abaixamento do pH é favorável a atividade da fitase, além disso, algumas espécies de bactérias e leveduras são capazes de produzir fitase (LOPEZ; GORDON; FIELDS, 1983).

Outro ácido amplamente distribuído na natureza é o ácido oxálico, caracterizado como um ácido forte altamente oxidado, e, em plantas, normalmente se acumula como um ácido livre (ABRATT; REID, 2010). Além disso, pode atuar como quelante de cátions e se apresentar solúvel, como oxalato de sódio e potássio, e insolúvel, quando na forma de oxalato de cálcio.

A presença de oxalato e seus sais no corpo humano é decorrente da ingestão de vegetais, no entanto, o acúmulo de oxalato de cálcio na urina aumenta o risco de desenvolver cálculo renal (NOONAN, 1999).

Nos alimentos, a redução da concentração de oxalato ocorre durante o processo de branqueamento, por lixiviação em água. No entanto, a concentração de minerais e vitaminas hidrossolúveis também pode ser reduzida (CHAI; LIEBMAN, 2005; SANGKETKIT et al., 2001, WANASUNDERA; RAVINDRAN, 1992). Sendo assim, a qualidade nutricional dos alimentos de origem vegetal dependerá do tipo de processamento adotado durante a sua preparação.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inhame é um tubérculo produzido em regiões de clima temperado e tropical, sendo sua composição constituída por carboidratos, aminoácidos essenciais (treonina, tirosina, alanina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina, cistina, histadina, aspartato, ácido glutâmico, lisina, prolina, arginina, glisina e serina), minerais (Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Fe, Co, Cu e Mn) , vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, vitamina A e ácido ascórbico) e compostos bioativos como diosgenina, alantoina e a dioscorina., Esses podem atuar como hipoglicêmico, hipocolesterolêmico, antiinflamatório, prebiótica e antioxidante. Além disso, fatores antinutricionais também estão presentes e atuam, principalmente, reduzindo a concentração de minerais no alimento. Porém, tanto o processo fermentativo quanto a cocção auxiliam na sua redução contribuindo com a qualidade nutricional do produto final. Em 2016, a produção de inhame no Brasil foi de aproximadamente 250 mil toneladas, sendo o sudeste e nordeste as principais regiões produtoras. No entanto, a sua principal forma de comercialização é *in natura*, sendo pouco utilizada em processos industriais. Tanto a qualidade nutricional do tubérculo quanto a alta produção no país, tornam o inhame um potencial alimento a ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos.

REFERÊNCIAS

- ABRATT, V. R.; REID, S. J. **Oxalate-degrading bacteria of the human gut as probiotics in the management of kidney stone disease**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., Salt Lake City, 2010. v. 72
- AL-SHEHBAZ, I. A.; SHUBERT, B. . The Dioscoreaceae in the Southeastern United States. **Journal Arnold Arboretum**, Boston, v. 70, p. 57–95, 1989.
- AMOA, B.; MULLER, H. G. Studies on Kenkey with particular reference to calcium and phytic acid. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 53, n. 3, p. 365–375, 1976.
- BENEVIDES, C. M. D. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos : revisão Antinutritional factors in foods : a review. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67–79, 2011.
- BOURDICHON, F. et al. Food fermentations: Microorganisms with technological beneficial use. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 154, n. 3, p. 87–97, 2012.
- CARMINATI, D. et al. Advances and Trends in Starter Cultures for Dairy Fermentations. In: MOZZI, F.; RAYA, R. R.; VIGNOLO, G. M. (Eds.). . **Biotechnology of Lactic Acid Bacteria**. [s.l.] Wiley-Blackwell, Indianapolis, 2010. p. 177–192.
- CARR, F. J.; CHILL, D.; MAIDA, N. The lactic acid bacteria: A literature survey. **Critical Reviews in Microbiology**, Oxford, v. 28, n. 4, p. 281–370, 2002.
- CHAI, W.; LIEBMAN, M. Effect of Different Cooking Methods on Vegetable Oxalate Content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 53, n. 8, p. 3027–3030, 2005.
- DVORÁKOVÁ, J.; VOLFOVÁ, O.; KOPECKÝ, J. Characterization of phytase produced by *Aspergillus niger*. **Folia microbiologica**, Van Godewijkstraat, v. 42, n. 4, p. 349–352, 1997.
- ELKHALIFA, A. O.; ELTINAY, A. H. Effect of Fermentation on Protein-Fractions and Tannin Content of Low-Tannin and High-Tannin Cultivars of Sorghum. **Food Chemistry**, Oxford, v. 49, n. 3, p. 265–269, 1994.
- FAO. **FAOSTAT, Crop**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 30 jan. 2018.
- FINCH, A. M.; KASIDAS, G. P.; ROSE, G. A. Urine composition in normal subjects after oral ingestion of oxalate-rich foods. **Clinical science**, London, v. 60, p. 411–418, 1981.
- GOBBETTI, M. et al. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid

bacteria. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 16, n. 1–3, p. 57–69, 2005.

GONG, G.; QIN, Y.; HUANG, W. Anti-thrombosis effect of diosgenin extract from *Dioscorea zingiberensis* C.H. Wright in vitro and in vivo. **Phytomedicine**, Cambridge, v. 18, n. 6, p. 458–463, 2011.

GREINER, R.; KONIETZNY, U. Phosphates With Inhibitory Effects on Mineral Absorption in Black Beans (*Phaseolus Vulgaris*). **Journal of Food Processing and Preservation**, Indianapolis, v. 23, p. 249–261, 1999.

GREINER, R.; KONIETZNY, U. Phytase for food application. **Food Technology and Biotechnology**, Zagreb, v. 44, n. 2, p. 125–140, 2006.

HAN, C. H. et al. Antioxidant activities of the synthesized thiol-contained peptides derived from computer-aided pepsin hydrolysis of yam tuber storage protein, dioscorin. **Food Chemistry**, Oxford, v. 138, n. 2–3, p. 923–930, 2013.

HANSON, C. F.; FRANKOS, V. H.; THOMPSON, W. O. Bioavailability of oxalic acid from spinach, sugar beet fibre and a solution of sodium oxalate consumed by female volunteers. **Food and Chemical Toxicology**, Cambridge, v. 27, n. 3, p. 181–184, 1989.

HEINE, R. G. et al. Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children – common misconceptions revisited. **World Allergy Organization Journal**, London, v. 10, n. 1, p. 41, 2017.

HUANG, C. H. et al. Prebiotic effect of diosgenin, an immunoactive steroidal sapogenin of the Chinese yam. **Food Chemistry**, Oxford, v. 132, n. 1, p. 428–432, 2012.

HUANG, C. H.; LIU, D. Z.; JAN, T. R. Diosgenin, a plant-derived sapogenin, enhances regulatory T-Cell immunity in the intestine of mice with food allergy. **Journal of Natural Products**, Washington, v. 73, n. 6, p. 1033–1037, 2010.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). **International Journal of Food Science and Technology**, Medford, v. 37, n. 7, p. 791–812, 2002.

KUMAR, V. et al. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 120, n. 4, p. 945–959, 2010.

LIU, S. NA; HAN, Y.; ZHOU, Z. JIANG. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods. **Food Research International**, Burlington, v. 44, n. 3, p. 643–651, 2011.

LOEWUS, F. Biosynthesis of Phytate in Food Grains and Seeds. In: REDDY, N. R.; SATHE, S. K. (Eds.). **Food Phytates**. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2001. p. 56–61.

LOPEZ, H. W. et al. Minerals and phytic acid interactions : is it a real problem for human nutrition ? **International Journal of Food Science and Technology**, Medford, v. 37, p. 727–739, 2002.

LOPEZ, Y.; GORDON, D. T.; FIELDS, M. L. Release of Phosphorus from Phytate by Natural Lactic Acid Fermentation. **Journal of Food Science**, Indianapolis, v. 48, p. 953–954, 1983.

MANGWE, M. C. et al. Effects of *Lactobacillus formosensis* S215T and *Lactobacillus buchneri* on quality and in vitro ruminal biological activity of condensed tannins in sweet potato vines silage. **Journal of Applied Microbiology**, London, v. 121, n. 5, p. 1242–1253, 2016.

MAYO, B. et al. Updates in the metabolism of lactic acid bacteria. In: MOZZI, F.; RAYA, R. R.; VIGNOLO, G. M. (Eds.). . **Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications**. First ed. [s.l.] Wiley-Blackwell, Indianapolis, 2010. p. 3–33.

NIU, C. S. et al. Decrease of plasma glucose by allantoin, an active principle of yam (*Dioscorea* spp.), in streptozotocin-induced diabetic rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 58, n. 22, p. 12031–12035, 2010.

NOONAN, S. C. Oxalate content of foods and its effect on humans. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Camberra, v. 8, n. 1, p. 64–74, 1999.

OLUWOLE, O. et al. Polyphenol Oxidase Activity and Inhibition in White Yam (*Dioscorea Rotundata*. Var. Laasirin) Chips as African Fries for Human Consumption. **Journal of Food Science and Engineering**, Sienna, v. 6, n. November, p. 43–50, 2016.

OMIDIJI, O.; OKPUZOR, J. E.; OTUBU, O. The contribution on an ionic peroxidase isozyme to enzyme-mediated browning in *Dioscorea esculenta* L. tubers. **Pakistan Journal of Nutrition**, Islamabad, v. 5, n. 5, p. 478–480, 2006.

PANGHAL, A. et al. Potential non-dairy probiotic products – A healthy approach. **Food Bioscience**, Indianapolis, v. 21, n. October 2017, p. 80–89, 2018.

PATEL, K. et al. A review on pharmacological and analytical aspects of diosgenin: a concise report. **Natural Products and Bioprospecting**, New York, v. 2, n. 2, p. 46–52, 2012.

PEDRALLI, G. Dioscoreaceae e Araceae : Aspectos Taxonômicos , Etnobotânicos e Espécies Nativas com Potencial para Melhoramento Genético. In: **II SIMPOSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO**. João Pessoa: EMEPA – PB, 2002.

PENG, Y. et al. Pathways for the steroidal saponins conversion to diosgenin

during acid hydrolysis of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright. **Chemical Engineering Research and Design**, Indianapolis, v. 89, n. 12, p. 2620–2625, 2011.

PERESSIN, VALDEMIR ANTONIO FELTRAN, J. C. Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. In: **BOLETIM N.º 200**. 7. ed. São Paulo: [s.n.]. p. 215–217.

PERRICONE, M. et al. Challenges for the Production of Probiotic Fruit Juices. **Beverages**, Basel, v. 1, n. 2, p. 95–103, 2015.

RAMIREZ, A. et al. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris* L. on lipids-lowering mechanisms. **Food Research International**, Indianapolis, v. 76, p. 92–104, 2015.

REDDY, N. R.; PIERSON, M. D. Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods ” by fermentation. **Food Research International**, Indianapolis, v. 27, 1994.

SANGKETKIT, C. et al. Oxalate Content of Raw and Cooked Oca (*Oxalis tuberosa*). **Journal of Food Composition and Analysis**, Indianapolis, v. 14, n. 4, p. 389–397, 2001.

SAUTOUR, M.; MITAINE-OFFER, A. C.; LACAILLE-DUBOIS, M. A. The *Dioscorea* genus: A review of bioactive steroid saponins. **Journal of Natural Medicines**, New York, v. 61, n. 2, p. 91–101, 2007.

WANASUNDERA, J. P. D.; RAVINDRAN, G. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 46, p. 33–39, 1994.

WODZINSKI, R. J.; ULLAH, A. H. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, New York, v. 42, p. 263–302, 1996.

SEGUNDA PARTE**ARTIGO 1****Fermentation of yam (*Dioscorea* spp. L.) by phytase-producing lactic acid bacteria strains**

Artigo redigido conforme norma da Revista Plant Foods for Human Nutrition, sujeito a modificações conforme sugestões do conselho editorial da revista.

Abstract

The use of lactic bacteria in the development of functional foods has increased in recent years. In addition to their probiotic characteristics, they can ferment a variety of substrates, such as cereals, roots and tubers. Therefore, this work selected potential phytase-producing lactic acid bacteria strains and evaluated their behavior during the fermentation process of yam-based food. *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, *Lactobacillus plantarum* CCMA 0744 and *Lactobacillus fermentum* CCMA 0745 were selected due to phytase production, pH reduction (around 3.8) and growth (around 8 log CFU/mL) during 24 h of fermentation. Oxalate activity was not detected in all assays, suggesting its concentration was reduced due to the bleaching process. Among the selected strains, *Leu. lactis* CCMA 0415 appeared to be a promising strain in yam-based fermentations because it maintained a cell viability above 8 log CFU/mL and did not reduce diosgenin concentrations (around 8.0 µg/mL) after fermentation for 24 h, thereby, generating a potentially functional yam food. Furthermore, this strain decreased the pH from 6.1 to 3.8 and produced 8.1 g/L lactic acid, at 6 h of fermentation. To our knowledge, this is the first time the strain *Leu. lactis* CCMA 0415 is reported as a phytase-producer.

Keywords: Lactic acid bacteria, *Dioscorea* spp. L, Diosgenin, *Leuconostoc lactis*, Phytase

Introduction

Consumer demand for functional foods has increased and stimulated food companies to invest in their research and development sector. Thus, fermented products have gained market space due to the functional properties conferred to the final product [1]. Various fermented products based on cereals, roots and tubers have been investigated [2, 3]. Yams belong to the *Dioscorea* genus and are mainly produced in Africa (96% of the world's production), followed by America (2.5%), Oceania (0.6%) and Asia (0.3%) [4]. In some West African countries, yam has been used to produce several processed foods, such as amala, elubo and gbodo [5].

Yam is a valuable source of nutritional components, such as carbohydrates, essential amino acids, minerals (Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Fe, Co, Cu and Mn), vitamins (thiamine, riboflavin, niacin, vitamin A and ascorbic acid) and sapogenin steroids [6]. Sapogenin steroids have been extensively studied for their pharmacological properties [7]. The main steroids are found in monocotyledons, predominantly in the species belonging to the Dioscoreaceae family [7]. Among them, diosgenin can act as a hypoglycemic, hypocholesterolemic, anti-inflammatory, prebiotic and antioxidant agent [8, 9].

Conversely, a significant amount of anti-nutritional compounds, such as oxalate and phytate, can be found in yam. Oxalates are salts or oxalic acid esters that are not metabolized by humans, being excreted in the urine [10]. A high oxalate concentration in urine increases the risk of calcium oxalate kidney stones, also known as nephrolithiasis, due to the formation of insoluble compounds when complexed with calcium ions [10]. The cooking process promotes a reduction in oxalate concentration as it promotes tissue rupture, leading to the release of soluble oxalate [11].

Phytates are phytic acid salts that form insoluble compounds when complexed with minerals, such as Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} and Ca^{2+} , reducing the minerals bioavailability

[12, 13]. Phytates can interact with digestive enzymes, such as pepsin, trypsin, β -galactosidase and α -amylase, decreasing their activities [14]. Phytase enzymes are produced by a wide range of plants, bacteria, filamentous fungi and yeast, which catalyze the hydrolysis of phytate to phosphate and inositol [12]. Microbial phytase has shown effectiveness in improving the bioavailability of minerals [15]. Some bacteria such as *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* and *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* have shown phytase activity [16].

Lactic acid bacteria (LAB) are commonly used in dairy and also nondairy fermentations [17, 18]. LAB produce metabolites, such as volatile and non-volatile compounds, during the fermentation process, which contribute to their use in the food industry. The rapid acidification of the food matrix occurs through conversion of fermentable carbohydrates, mainly into lactic acid. Reduced pH and the production of antimicrobial agents (such as bacteriocins), decreases the growth and development of pathogenic microorganisms and food spoilers, extending the shelf life and ensuring food safety of the final product [19]. The nutritional quality is maintained by reducing anti-nutritional compounds (e.g., phytate) present in the various substrates, such as cereals, vegetables, nuts, seeds and tubers. Also, the sensorial characteristics of each product is a result of the diverse routes used by microorganisms to metabolize carbohydrates, amino acids, fatty acids and organic acids, releasing flavor compounds [19, 20].

This work selected LAB strains with the capability to reduce the concentration of anti-nutritional compounds present in fermented yam and evaluated the behavior of the LAB during the fermentation process, through the volatile compounds profile. Bioactive compounds present in yam and fermented yam were also evaluated.

Material and methods

Lactic bacteria strains

The bacteria strains, *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, *Lactobacillus plantarum* (CCMA 0743, CCMA 0744 and CCMA 0746), *Pediococcus acidilactici* (CCMA 0748 and CCMA 0749) and *Lactobacillus fermentum* (CCMA 0201, CCMA 0208, CCMA 0211, CCMA 0212, CCMA 0745, CCMA 0751 and CCMA 0752), were provided by the Agricultural Microbiology Cultures Collection (CCMA) of the Federal University of Lavras (Minas Gerais, Brazil). These bacteria were selected for this study, based on their ability to produce α -amylase [17].

Phytase activity

Phytase production was assessed according to Raghavendra and Halami [20]. Lactic bacteria were grown in de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) broth (Merck, Darmstadt, Germany). Then, they were transferred to modified MRS agar, in which the inorganic phosphate KH_2PO_4 , was replaced with 0.65 g/L sodium phytate and the concentrations of glucose, yeast extract and meat extract were decreased to 10, 2 and 4 g/L, respectively, to reduce the final phosphate content and promote enzymatic synthesis. Positive strains produced a halo after incubation at 35 °C for 24 h, following the addition of 2% w/v cobalt chloride aqueous solution for 5 min and equal volumes of ammonium molybdate (6.25% w/v) and ammonium metavanadate (0.42% w/v), for 5 min.

Fermentation

Approximately 2 kg of yams (purchased from a local market in Lavras, Brazil, were used in each experiment. The yams were washed, peeled and the pieces (3 mm thick) pre-cooked at 60 °C for 10 min. Each fermentation contained a mixture of 40% (w/v) yam, 60% water and 1% (w/v) aqueous carboxymethylcellulose, which was crushed, filtrated and pasteurized at 65 °C for 30 min. The selected LAB strains, previously grown in MRS broth at 35 °C for 24 h, were inoculated into the yam medium at 10^7 CFU/mL. The fermentation was performed for 24 h. The LAB viability was evaluated by plating in

MRS agar and incubation at 35 °C for 24 h. The LAB viability and pH were evaluated during the fermentation process. The samples were withdrawn at 0, 6, 12 and 24 h of fermentation and stored at -20 °C, for chemical analysis. The fermentations were done in triplicate. The yam fermentation with the selected lactic bacteria was analyzed for concentration of phytate, lactic acid, oxalic acid, diosgenin, allantoin and volatile compounds.

Phytate determination

Phytate was extracted from fermented and non-fermented samples according to described by Latta and Eskin [21] with minor modifications. Twenty milliliters of HCl (0.66N) were added in 1 g of samples, adjusted the pH to pH 0.6 and incubated for 2 h under stirring. Then, the extract was centrifuged at 200 x g for 60 min and 3750 x g for 5 min. The supernatant was filtered and diluted into 24 mL of distilled water (pH 6). Samples of 10 mL were passed through the AGL-X8 ion exchange column, eluted in 15 mL of NaCl (0.7M) and adjusted the pH to 3. One milliliter of Wage reagent was added to 3 mL of obtained samples and homogenized for 5 seconds. The absorbance at 500 nm were determined in spectrophotometer. The quantification was performed from the calibration curve constructed from the different concentrations of phytic acid

Lactic acid and oxalic acid analyses

Lactic acid and oxalic acid were analyzed throughout the fermentation process, by high-performance liquid chromatography (HPLC), according to Duarte et al. [22] and Ross et al. [23], respectively. The high-performance liquid chromatograph (Shimadzu LC-10AI, Shimadzu Corp, Japan) was equipped with a Shimadzu SP-10Ai UV-Vis detector, set at 210 nm for detection of the organic acids and a Shimadzu ion exclusion column (Shim-pack SCR-101H, 7.9 mm × 30 cm), operated at 50 °C. Perchloric acid (16

mM) was eluted at a rate of 0.6 mL/min. Each compound was identified and quantified based on its retention time and a standard curve [24]. Analyzes were done in triplicate.

Analysis of volatile compounds

Aliquots (2 ml) of the food samples were removed at non fermented and end of fermentation and the volatile compounds were extracted by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME), as described by Gaujac et al. [25], with minor modifications. A divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) 50/30 mm SPME fiber (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA) was used to extract the volatile constituents from the yam food headspace. The fiber was equilibrated at 60 °C for 15 min and then exposed to the samples (yam food) for 30 min, at the same temperature.

The volatile compounds were evaluated by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), using a Shimadzu GCMS-QP2010 SE (Tokyo, Japan), equipped with a Carbo-wax column (30 m × 0.25 mm i.d. × 0.25 µm film thickness). The initial oven temperature was 40 °C, which was held for 5 min, then increased to 200 °C at 10 °C/min and held at this temperature for 30 min. The carrier gas was helium, at a flow rate of 0.7 mL/min. A splitless injector was used. The mass detector was a quadrupole type, with an electron impact ionization system, operated at 70 eV and 260 °C. Compound identification was performed using GC/MS solution software (version 2.6) and comparison of the mass spectra of the peaks with those available in the NIST11 mass spectral library.

Determination of total allantoin and diosgenin content

Diosgenin and allantoin were extracted according to Avula et al. [26] and evaluated at non fermented and end of fermentation. Samples (1 mL) were combined with 9 mL methanol and then homogenized. The solutions were vortexed for 30 s,

sonicated for 30 min, vortexed for 30 s and, finally, centrifuged at $959 \times g$ for 10 min. The supernatant was filtered through a $0.22 \mu\text{m}$ membrane (Millipore), before HPLC analysis.

Diosgenin and allantoin were identified by HPLC (Shimadzu LC-10AI) with UV detection at 214 nm, using a Shimadzu C18 column, operated at $35 \text{ }^\circ\text{C}$. The mobile phase consisted of acetonitrile/water (90:10 v/v) at a flow rate of 1 mL/min [27]. For quantification, an external calibration curve was constructed, by injecting various concentrations of the standards under the same conditions as the samples.

Statistical analysis

Analysis of variance (ANOVA) and the Scott-Knott test ($p < 0.05$) were performed using SISVAR software version 5.3 [28].

Results and discussion

LAB strains isolated from the natural fermentations have shown peculiar characteristics regarding their metabolic properties, such as amylase and organic acid production [17], which are paramount for starch-based fermented foods. Thus, 13 amylase-producing LAB strains were evaluated for phytase production in MRS agar medium, pH reduction and growth in yam. Among them, *Leu. lactis* CCMA 0415, *Lb. plantarum* CCMA 0744, *Lb. fermentum* CCMA 0745, *Lb. fermentum* CCMA 0212, *P. acidilactici* CCMA 0748 and *P. acidilactici* CCMA 0749, were distinguished by their ability to hydrolyze phytate (Table 1) in the modified MRS agar medium, as confirmed by halo presence. Phytate reduction occurred via the enzymatic action of phytase, which can be produced by plants, animal tissues and microorganisms [29]. Phytate (hexaphosphoric acid *myo*-inositol) is the primary phosphorus source stored by plant tissues and, when consumed, the phosphates from phytic acid hydrolysis, can react with divalent ions, such as Zn^{2+} , $\text{Fe}^{2+/3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} and Cu^{2+} , to form insoluble complexes that compromise ionic intestinal absorption [12]. Phytate can also interact

with proteins, affecting their solubility and hydrolysis and inhibiting the activity of some digestive enzymes, such as trypsin, pepsin, α -amylase, and β -galactosidase, reducing their bioavailability [14].

LAB, such as *Pediococcus* sp. and *Lactobacillus* sp., isolated from cereal-based foods and beverages, have shown to be potentially effective in reducing phytates present in foods [20]. Before this study, *Leu. lactis* had not been reported as a phytase producer. Therefore, this is the first publication to detect phytase activity of this species. A total of 13 LAB were evaluated, based on their phytase production. Among these, *Leu. lactis* CCMA 0415, *Lb. plantarum* CCMA 0744 and *Lb. fermentum* CCMA 0745 (Table 1) differed significantly ($p < 0.05$) in their pH (3.8, 3.7 and 3.8) and remained viable (around $8 \log$ CFU/mL) during yam fermentation (Table 1).

The pH is an important intrinsic factor in fermented food because it determines the microbiological stability against pathogenic microorganisms and food deterioration, besides being associated with the product flavor. The evaluated LAB in yam fermentation can produce α -amylase, resulting in rapid degradation of the starch into fermentable carbohydrates and, consequent production of organic acids (mainly lactic acid). Thus, the pH decrease detected in the fermentations probably occurred due to the lactic acid generated that reached a concentration of around 8 g/L at 6 h and remained almost constant for 24 h, for all fermentations (Fig. 1). Similar results (7.8 g/L) were found by Freire et al. [30] for spontaneous cassava fermentation, and low pH values (pH 3–4) have been documented in previous studies for fermented cereal-based beverages [17, 30]. Moreover, lactic acid contributes to the desirable refreshing attribute associated with thirst satiation of acidic dairy-based foods [31].

Plant foods contain anti-nutritional components, such as trypsin inhibitors, phytate, oxalate, cyanogenic glycosides and nitrates. Oxalate is one of the constituents of

yam, and the amount absorbed 'in vivo' depends on its complexed form, the calcium and magnesium present in the food and the presence of oxalate-degrading bacteria in the gastrointestinal tract [32]. In the present study, no significant oxalate concentrations were detected in the fermented yam, due to the pre-cooking process, given that cooking can reduce the soluble oxalate by 30 to 87% [33]. Regarding phytate concentration, the fermentation with *Leu. lactis* CCMA 0415 showed a reduction of 82% (9.79 mg / 100g) while the other strains maintained the concentration found in the substrate (54.92 mg / 100g).

Plant-based foods are also sources of energy, proteins, vitamins, minerals and bioactive compounds (e.g., diosgenin and allantoin), which are derived from the plant's secondary metabolism. The bioactive compounds diosgenin and allantoin were evaluated in the non fermented and at the end of the fermentation process, by HPLC. Allantoin is an important nitrogen source in plants including yam and when consumed, it acts to regenerate the cellular tissues, protecting and accelerating the healing processes and promoting tissue repair in the gastrointestinal tract [27]. Allantoin concentration remained constant at around 0.5 mg/mL in all fermentations. The diosgenin concentrations detected for all assays are shown in Table 2. Fermentations inoculated with *Lb. plantarum* CCMA 0744 and *Lb. fermentum* CCMA 0745, showed diosgenin concentrations significantly lower (around 3.0 µg/mL) than *Leu. lactis* CCMA 0415 (7.3 µg/mL) and the non fermented alone (8.0 µg/mL). It seems that diosgenin was consumed during the fermentation by *Lb. plantarum* CCMA 0744 and *Lb. fermentum* CCMA 0745, respectively. According to Huang et al. [9], diosgenin may be a potential prebiotic on the enteric LAB growth. However, in the fermentation with *Leu. lactis* CCMA 0415, the diosgenin concentration was not significantly different from the non fermented. The maintenance of the diosgenin concentration in fermented food, may contribute to

microbial cell viability (e.g., probiotic strains) during the shelf life of the product and afford benefits provided by its intake. Diosgenin is well known for its anti-inflammatory, anticancer and antioxidant activities, hormonal therapies and other properties [8].

Post-harvest processing, such as the fermentation process, also assists in the development of volatile compounds, contributing to the unique flavor of fermented foods [24]. Twenty-six volatile compounds were identified by GC/MS at 24 h of fermentation (Table 3). The volatile compounds were grouped into acids (2), aldehydes (1), alkanes (6), alcohols (6), ketones (3), esters (4), lactones (1) and others (3).

In all fermentations, acetoin, acetic acid, hexadecane and 2-tridecanone, were detected and probably produced by LAB metabolism because they were not detected in the non fermented. LAB may utilize citric acid and accumulate acetic acid and acetoin, which are correlated to butter and cream flavors [34]. Hexadecane, detected in all fermentations, has been shown to exhibit anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant and thermogenic functions [35].

Most of the volatile compounds identified belonged to esters, alcohols and alkanes. The alcohols 1-dodecanol and 1-tetradecanol remained throughout the fermentation process. 1-Hexadecanol and tridecanol were produced by *Lb. plantarum* CCMA 0744, and 2-hexyldodecanol was produced by *Leu. lactis* CCMA 0415. The production of the various alcohols may have been influenced by differences in amino acid degradation reactions, resulting in the formation of corresponding alcohols or aldehydes [36]. The alkane tetradecane was present in the non-fermented and remained during the fermentation with *Leu. lactis* CCMA 0415. Some bacterial species can degrade tetradecane under anaerobic conditions through pathways other than β -oxidation, stimulating the lipases and proteases production that may negatively interfere with the food technological properties [37].

It is well established that microbial activity during fermentation affects the volatile compound profiles of plant-based foods and beverages. However, the environmental conditions influence the metabolites produced by plant tissues. According to Karlsson et al. [38], the presence of decanal, nonanal, isopropyl myristate, phenylacetaldehyde, benzothiazole, heptadecane, octadecane, myristicin, *E*- α -farnesene and verbenone, indicates that the tuber has undergone stress. In this sense, heptadecane, isopropyl myristate and octadecane, detected in the present study, may infer that the tubers experienced stress during post-harvest treatment.

Conclusion

Leu. lactis CCMA 0415, *Lb. plantarum* CCMA 0744 and *Lb. fermentum* CCMA 0745 were selected and used as starter cultures for yam fermentation. *Leu. lactis* CCMA 0415 showed the most potential to be used in yam-based fermentations. This microorganism maintained cell viability and did not reduce diosgenin concentrations, affording yam food potentially functional. Furthermore, this strain was able to decrease the pH from 6.1 to 3.8 and to produce 8.1 g/L of lactic acid at 6 h of fermentation. We report here for the first time, the strain *Leu. lactis* CCMA 0415, as a phytase-producing strain. Therefore, this strain might be useful as a starter culture, to produce foods based on cereals, roots and tubers. While this study provides new insight into the possible use of yam and LAB, to obtain beverages with stability and functional characteristics, more studies (e.g., texture, rheology, sensorial, shelf life) are required to develop a novel yam based-product.

Acknowledgements

The authors thank the Brazilian agencies Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível

Superior (CAPES). The authors gratefully acknowledge the anonymous referees for their comments and constructive suggestions for improving the quality of this manuscript.

References

1. Carrillo E, Prado-Gascó V, Fiszman S, Varela P (2013) Why buying functional foods? Understanding spending behaviour through structural equation modelling. *Food Res Int* 50:361–368 . doi: 10.1016/j.foodres.2012.10.045
2. Agarry OO, Nkama I, Akoma O (2010) Production of Kunun-zaki (A Nigerian fermented cereal beverage) using starter culture. *Int Res J Microbiol* 1:18–25
3. Freire AL, Ramos CL, Schwan RF (2015) Microbiological and chemical parameters during cassava based-substrate fermentation using potential starter cultures of lactic acid bacteria and yeast. *Food Res Int* 76:787–795 . doi: 10.1016/j.foodres.2015.07.041
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014) FAOSTAT, Crop. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed 1 Jul 2017
5. Babajide JM, Oyewole OB, Henshaw FO, et al (2006) Effect of local preservatives on quality of traditional dry yam slices “Gbodo” and its products. *World J Agric Sci* 2:267–273
6. Wanasundera JPD, Ravindran G (1994) Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods Hum Nutr* 46:33–39
7. Hostettmann K, Marston A (1995) Saponins. In: Occurrence and distribution. Cambridge University Press, Cambridge, pp 18–121
8. Patel K, Gadewar M, Tahilyani V, Patel DK (2012) A review on pharmacological and analytical aspects of diosgenin: a concise report. *Nat Products Bioprospect* 2:46–52 . doi: 10.1007/s13659-012-0014-3
9. Huang CH, Cheng JY, Deng MC, et al (2012) Prebiotic effect of diosgenin, an

- immunoactive steroidal saponin of the Chinese yam. *Food Chem* 132:428–432 .
doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.016
10. Finch AM, Kasidas GP, Rose GA (1981) Urine composition in normal subjects after oral ingestion of oxalate-rich foods. *Clin Sci* 60:411–418
 11. Bhandari MR, Kawabata J (2006) Cooking effects on oxalate, phytate, trypsin and α -amylase inhibitors of wild yam tubers of Nepal. *J Food Compos Anal* 19:524–530 . doi: 10.1016/j.jfca.2004.09.010
 12. Greiner R, Konietzny U (2006) Phytase for food application. *Food Technol Biotechnol* 44:125–140
 13. Lopez HW, Leenhardt F, Coudray C, Remesy C (2002) Minerals and phytic acid interactions : is it a real problem for human nutrition ? *Int J Food Sci Technol* 37:727–739
 14. Reddy NR, Pierson MD (1994) Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods ” by fermentation. *Food Res Int* 27:
 15. Qian H, Kornegay ET, Denbow DM (1997) Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. *Poult Sci* 76:37–46 . doi: 10.1093/PS/76.1.37
 16. Lopez HW, Ouvry A, Bervas E, et al (2000) Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. *J Agric Food Chem* 48:2281–2285 . doi: 10.1021/jf0000061g
 17. Freire AL, Ramos CL, Souza PNC, et al (2017) Nondairy beverage produced by controlled fermentation with potential probiotic starter cultures of lactic acid bacteria and yeast. *Int J Food Microbiol* 248:39–46 . doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.011

18. Luana N, Rossana C, Curiel JA, et al (2014) Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. *Int J Food Microbiol* 185:17–26 . doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.004
19. Smid EJ, Kleerebezem M (2014) Production of aroma compounds in lactic fermentations. *Annu Rev Food Sci Technol* 5:313–326 . doi: 10.1146/annurev-food-030713-092339
20. Raghavendra P, Halami PM (2009) Screening, selection and characterization of phytic acid degrading lactic acid bacteria from chicken intestine. *Int J Food Microbiol* 133:129–134 . doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.006
21. Latta M, Eskin M (1980) A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J Agric Food Chem* 28:1313–1315
22. Duarte WF, Dias DR, Oliveira JM, et al (2010) Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabirola, jaboticaba and umbu. *LWT - Food Sci Technol* 43:1564–1572 . doi: 10.1016/j.lwt.2010.03.010
23. Ross AB, Savage GP, Martin RJ, Vanhanen L (1999) Oxalates in oca (New Zealand yam) (*Oxalis tuberosa* Mol.). *J Agric Food Chem* 47:5019–5022 . doi: 10.1021/jf990332r
24. Ramos CL, Dias DR, Miguel MG da CP, Schwan RF (2014) Impact of different cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) and *S. cerevisiae* UFLA CA11 inoculation on microbial communities and volatile compounds of cocoa fermentation. *Food Res Int* 64:908–918
25. Gaujac A, Dempster N, Navickiene S, et al (2013) Determination of N,N-dimethyltryptamine in beverages consumed in religious practices by headspace solid-phase microextraction followed by gas chromatography ion trap mass spectrometry. *Talanta* 106:394–398 . doi: 10.1016/j.talanta.2013.01.017

26. Avula B, Wang YH, Ali Z, et al (2014) Chemical fingerprint analysis and quantitative determination of steroidal compounds from *Dioscorea villosa*, *Dioscorea* species and dietary supplements using UHPLC-ELSD. *Biomed Chromatogr* 28:281–294 . doi: 10.1002/bmc.3019
27. Fu YC, Ferng LHA, Huang PY (2006) Quantitative analysis of allantoin and allantoic acid in yam tuber, mucilage, skin and bulbil of the *Dioscorea* species. *Food Chem* 94:541–549 . doi: 10.1016/j.foodchem.2004.12.006
28. Ferreira DF (2008) SISVAR: a program for statistical analysis and teaching. *Rev Científica Symp* 6:36–41
29. LOPEZ Y, GORDON DT, FIELDS ML (1983) Release of Phosphorus from Phytate by Natural Lactic Acid Fermentation. *J Food Sci* 48:953–954 . doi: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb14938.x
30. Freire AL, Ramos CL, de Almeida EG, et al (2014) Study of the physicochemical parameters and spontaneous fermentation during the traditional production of yakupa, an indigenous beverage produced by Brazilian Amerindians. *World J Microbiol Biotechnol* 30:567–577 . doi: 10.1007/s11274-013-1476-0
31. Ishimori Y, Koizumi T (2017) Acid lactic beverage and method for producing same. 0–7
32. Massey LK (2007) Food Oxalate: Factors Affecting Measurement, Biological Variation, and Bioavailability. *J Am Diet Assoc* 107:1191–1194 . doi: 10.1016/j.jada.2007.04.007
33. Chai W, Liebman M (2005) Effect of Different Cooking Methods on Vegetable Oxalate Content. *J Agric Food Chem* 53:3027–3030 . doi: 10.1021/jf048128d
34. Shimazu Y, Uehara M, Watanabe M (1985) Transformation of citric acid to acetic acid, acetoin and diacetyl by wine making lactic acid bacteria. *Agric Biol Chem*

- 49:2147–2157 . doi: 10.1271/bbb1961.49.2147
35. Musharraf SG, Iqbal A, Ansari SH, et al (2017) β -Thalassemia Patients Revealed a Significant Change of Untargeted Metabolites in Comparison to Healthy Individuals. *Sci Rep* 7:42249 . doi: 10.1038/srep42249
 36. Schieberle P (1996) Intense aroma compounds : Useful tools to monitor the influence of processing and storage on bread aroma. *Adv food Sci* 18:237–244
 37. Gaur R, Khare SK (2009) Cellular response mechanisms in *Pseudomonas aeruginosa* PseA during growth in organic solvents. *Lett Appl Microbiol* 49:372–377 . doi: 10.1111/j.1472-765X.2009.02671.x
 38. Karlsson MF, Birgersson G, Witzgall P, et al (2013) Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* distinguish odour profiles from qualitatively different potatoes *Solanum tuberosum* L. *Phytochemistry* 85:72–81 . doi: 10.1016/j.phytochem.2012.09.015

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interest.

This article does not contain any studies with human or animal subjects.

Tables

Table 1 Conditions evaluated during the selection of lactic acid bacteria strains.

Isolate	Phytase activity	pH at 24 h	Growth at 24 h (log CFU/mL)
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0201	-	4.5±0.04 ^c	8.6±0.05 ^a
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0208	-	4.4±0.00 ^c	8.5±0.00 ^a
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0211	-	4.8±0.07 ^d	8.4± 0.16 ^a
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0212	+	4.2±0.06 ^b	8.7±0.04 ^a
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0745	+	3.8±0,01 ^a	7.8±0.04 ^b
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0751	-	5.1±0,06 ^e	8.5±0.4 ^a
<i>Lactobacillus fermentum</i> CCMA 0752	-	4.9±0,13 ^d	8.5±0.14 ^a
<i>Lactobacillus plantarum</i> CCMA 0743	-	5.5±0.02 ^f	8.3±0.03 ^a
<i>Lactobacillus plantarum</i> CCMA 0744	+	3.7±0,02 ^a	8.5±0.06 ^a
<i>Lactobacillus plantarum</i> CCMA 0746	-	4.3±0.04 ^b	8.5±0.11 ^a
<i>Leuconostoc lactis</i> CCMA 0415	+	3.7±0.14 ^a	8.6±0.00 ^a
<i>Pediococcus acidilactici</i> CCMA 0748	+	4.8±0.02 ^d	7.5±0.08 ^b
<i>Pediococcus acidilactici</i> CCMA 0749	+	4.8±0.04 ^d	7.7±0.17 ^b

Mean values followed by a different letter differ significantly ($p<0.05$) by the Scott-Knott test. Values are means ± SD of determinations.

Table 2 Diosgenin concentrations in the non fermented and at 24 h of fermentation with *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, *Lactobacillus plantarum* CCMA 0744, and *Lactobacillus fermentum* CCMA 0745

Samples	Diosgenin
Non fermented	7,95±0,45 ^a
CCMA 415	7,31±0,09 ^a
CCMA 744	3,10±0,55 ^b
CCMA 745	2,87±0,59 ^b

Mean values followed by a different letter differ significantly ($p<0.05$) by the Scott-Knott test

Table 3 Volatile compounds detected in yam non fermented and after yam fermentation by *Leuconostoc lactis* CCMA 0415 (CCMA 415), *Lactobacillus plantarum* CCMA 0744 (CCMA 744) and *Lactobacillus fermentum* CCMA 0745 (CCMA 745) for 24 h.

Compound	Sample			
	Non fermented	CCMA0415	CCMA0744	CCMA0745
<i>Acid</i>				
Acetic acid	nd	+	+	+
Pentadecanoic acid	+	nd	nd	nd
<i>Ester</i>				
Ethyl palmitate	+	nd	nd	nd
Methyl palmitate	+	+	+	+
Phthalic acid, diisobutyl ester	+	+	+	+
Salicylic acid, 2-ethylhexyl ester	+	nd	nd	nd
<i>Aldehyde</i>				
Octadecanal	+	nd	nd	nd
<i>Alkane</i>				
Isopentacosane	+	nd	nd	nd
Heptadecane	+	+	+	+
Hexadecane	nd	+	+	+
Nonadecane	+	nd	nd	+
Octadecane	+	nd	+	nd
Tetradecane	+	+	nd	nd
<i>Alcohol</i>				
1-Dodecanol	+	+	+	+
1-Hexadecanol	+	nd	+	nd
1-Tetradecanol	+	+	+	+
2-Hexyldodecanol	nd	+	nd	nd
Heptadecanol	+	nd	nd	nd
Tridecanol	+	nd	+	nd
<i>Ketone</i>				
2-Tridecanone	nd	+	+	+
2-Undecanone	nd	nd	nd	+
Acetoin	nd	+	+	+
<i>Lactone</i>				
γ -Nonalactone	nd	nd	nd	+

<i>Other</i>				
2-Ethylhexyl salicylate	+	nd	+	+
Homosalate	+	+	+	+
Isopropyl myristate	nd	nd	+	nd

nd = not detected.

Figure

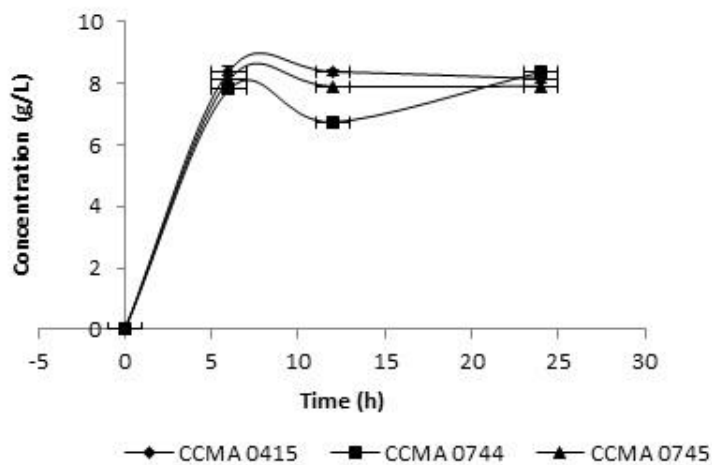


Fig. 1 Lactic acid production (g/L) by *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, *Lactobacillus plantarum* CCMA 0744, and *Lactobacillus fermentum* CCMA 0745 during yam fermentation for 24 h.

ARTIGO 2**Produção e caracterização de sorvete elaborado a partir de inhame fermentado por
Leuconostoc lactis CCMA0415**

Artigo redigido conforme norma da Revista LWT - Food Science and Technology, sujeito a modificações conforme sugestões do conselho editorial da revista.

Resumo

A procura por alimentos industrializados que contribuam com a saúde e bem-estar tem caracterizado a nova geração de consumidores. Com isso, o objetivo desse estudo foi desenvolver e caracterizar sorvete elaborado a partir de um substrato fermentado não lácteo com reduzida concentração de gordura. O sorvete foi preparado a partir da massa de inhame, fermentada e não fermentada. A fermentação foi conduzida por *Leuconostoc lactis* CCMA 0415, que permaneceu viável (10^7 UFC/g) durante 90 dias de estocagem. O processo fermentativo reduziu a concentração de amido (26,82 para 22,35%) e proteína (4,68 para 3,99%), e promoveu o aumento na concentração de alguns minerais (K, S, Cu, Mn, Zn e Fe), provavelmente, devido à redução na concentração do fitato. A concentração de fenólicos totais, para o sorvete fermentado e não fermentado, foi de 51 a 54 mg, respectivamente, e a capacidade de redução da atividade antioxidante foi de 18 e 10% pelo método DPPH e de 44 e 26% pelo método ABTS, respectivamente. Tanto o sorvete fermentado quanto o não fermentado foi caracterizado como um fluido não Newtoniano apresentando comportamento pseudoplástico ($n < 1$), baixos valores de melting (0,5 g/min) e altos valores de overrun ($> 200\%$). Os resultados obtidos indicam que o inhame é um bom substituinte ao leite, sendo uma opção para elaboração de gelados comestíveis livre de lactose

Palavras chaves: bactérias do ácido láctico, fermentação, sorvete.

1.0 Introdução

Dioscorea sp, também conhecida como inhame, é um alimento nutritivo e pouco utilizado pela indústria alimentícia, sendo comercializado principalmente *in natura*. Entretanto, é um tubérculo de grande interesse para indústria farmacêutica devido à presença de compostos bioativos que apresentam propriedades farmacológicas (Patel, Gadewar, Tahilyani, & Patel, 2012; Peng et al., 2011).

A fermentação e a cocção são etapas fundamentais durante o processamento do inhame, pois auxiliam na redução da concentração dos compostos antinutricionais como o fitato e o oxalato, que atuam complexando com minerais e reduzindo a sua biodisponibilidade (Patel et al., 2012; Peng et al., 2011).

Dentre o grupo de microrganismos capazes de reduzir à concentração desses compostos antinutricionais, as bactérias do ácido lático se destacam pela versatilidade metabólica, que além de produzirem enzimas, são capazes de fermentar uma variedade de substratos, produzir ácidos orgânicos, bacteriocinas, exopolissacarídeos e, algumas espécies, apresentam propriedades probióticas (S. Liu, Han, & Zhou, 2011).

Dentre os alimentos processados, o sorvete é um dos alimentos consumidos por todas as idades. Os principais componentes estruturais do sorvete são glóbulos de gordura, ar e cristais de gelo que se encontram dispersos em uma solução congelada e concentrada de proteínas, sais e polissacarídeos (Muse & Hartel, 2004).

O sorvete pertence a uma categoria denominada gelados comestíveis, no entanto, não há uma diferenciação de nomenclatura quanto à concentração de teores de gordura, proteína láctea ou quanto aos ingredientes (BRASIL, 2005).

Segundo Nielsen, (2015), mesmo em períodos de recessão econômica, o sorvete tem sido uma das categorias de produtos industrializados que tem apresentado maior crescimento. No Brasil o consumo cresceu de 685 milhões de litros em 2003 para 1.002 milhões de litros em 2016 (ABIS, 2017).

O desenvolvimento de alimentos com reduzida concentração de gordura tem acompanhado a nova tendência do mercado consumidor que visa consumir alimentos que mantenham o estado físico sadio (Silva, Siqueira, Binoti, Nunes, & Stephani, 2017).

Além da concentração de gordura nos alimentos industrializados, a concentração de lactose também se tornou uma preocupação para a indústria, pois estima-se que 60 a 70% da população mundial apresente alguma intolerância a lactose, sendo que 35% dessa classe estão concentradas no Brasil (Heine et al., 2017). A intolerância a lactose está associada à dificuldade do organismo em produzir a enzima lactase, responsável pela quebra do dissacarídeo e seus principais sintomas são inchaço, dor abdominal e diarreia (Suarez, Savaiano, & Levitt, 1995). Com isso, o objetivo

desse estudo foi desenvolver e caracterizar sorvete elaborado a partir da massa fermentada de inhame.

2.0 Materiais e Métodos

2.1 Elaboração do sorvete

Aproximadamente 2Kg de inhame (adquirido no Mercado local de Lavras, MG, Brazil), foram utilizados para preparar o sorvete. O inhame foi lavado, descascado, cortado e os pedaços foram submetidos ao pré-cozimento a 60°C por 10 min. O meio de inhame foi preparado pela adição de 40% (p/v) de inhame, 60% (v/v) de água mineral e 1% (p/v) de carboximetilcelulose em água mineral e pasteurizado a 65°C por 30 min.

A bactéria láctica *Leuconostoc lactis* CCMA0415 foi utilizada como o inoculante para a fermentação. A cepa de *L. lactis* CCMA0415 foi previamente crescida em meio MRS (Merck, Darmstadt, Germany) a 35°C por 24h, e inoculada no meio de inhame a 10⁷ UFC/mL. A fermentação foi conduzida durante 6h a 35°C.

A massa de inhame fermentada e não fermentada foi utilizada para a preparação do sorvete. Foram acrescentados ao meio 0,6% estabilizante (Liga neutra), 1,11% de glicose e 10% de sacarose. A mistura foi homogeneizada e posteriormente maturada durante 24h. Após este período foi adicionado 0,6% de emulsificante (Emustab) e a massa foi levada para sorveteira onde permaneceu batendo durante 10 min, sendo posteriormente congelada (Jimenez-Flores, Klipfel, & Tobias, 1992). A viabilidade celular foi avaliada durante 90 dias através do plaqueamento por spread-plate em meio MRS (Merck, Darmstadt, Germany).

2.2 Determinação dos valores de overrun

O overrun foi determinado de acordo com o método descrito por Jimenez-Flores, Klipfel & Tobias, (1993). O peso da mistura do sorvete e o peso do sorvete foram obtidos e calculados de acordo com a Equação (1) que se segue:

$$\text{Overrun (\%)} = 100 \times \frac{\text{volume da mistura do sorvete} - \text{volume do sorvete}}{\text{volume do sorvete}} \quad (1)$$

2.3 Teste melting

O comportamento de derretimento do sorvete foi avaliado de acordo com Soukoulis, Chandrinos & Tzia, (2008). As amostras de sorvete foram transferidas para o freezer de -15°C e permaneceram por aproximadamente 12 horas. Cinquenta gramas de sorvete foram colocados em

uma peneira de 2mm a temperatura ambiente (20°C). A porção gotejada foi mensurada a cada 5 min em durante 105 minutos. O tempo (min) foi plotado em relação ao volume gotejado de sorvete.

2.4 Composição físico-química do sorvete

O sorvete foi analisado quanto ao teor de umidade, proteína, fibra bruta, extrato etéreo e cinzas, de acordo com a metodologia indicada pela A.O.A.C., (2005) e o teor de amido foi avaliado de acordo com a metodologia Somogy- Nelson (NELSON, 1944; SOMOGYI, 1945), com pequenas modificações.

2.5 Determinação dos minerais

Dois gramas de sorvete foram digeridos com ácido, usando uma mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (2:1) (v /v). O volume obtido da digestão foi completado para 10mL em balão volumétrico e a quantidade de minerais (Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Fe, Cu e Mn) foi determinada por métodos de espectrofotometria de absorção atômica e fotometria de chama, seguindo o método descrito por Malavolta; Vitti & Oliveira, (1997).

2.6 Determinação do conteúdo total de polifenóis (TPC)

TPC do fermentado de inhame foi determinado espectrofotometricamente de acordo com o método Follin- Ciocalteau (Singleton & Rossi, 1965). 500 µL de amostra, 2,5 mL de reagente Folin-Ciocalteau (10%) e 2,0 mL de Na₂CO₃ (4% p / v) foram homogeneizados e armazenados no escuro durante 2 horas. A absorbância das amostras foi medida a 750 nm. As concentrações de TPC foram obtidas a partir de uma curva padrão de ácido gálico e os resultados foram expressos como mg de ácido gálico/100 g do fermentado. As análises foram realizadas em triplicata.

2.7 Determinação da atividade do radical livre pelo método ABTS e DPPH

A atividade do radical livre (RSA) do sorvete foi avaliada utilizando os radicais 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) e 2,2'-azino-bis (3 ethylbenzo- thiazoline- 6-sulphonic acid) (ABTS) (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995; Re et al., 1999). As soluções de reserva de ABTS (7 mM) e persulfato de potássio (140 mM) foram homogeneizadas e mantidas à temperatura ambiente durante 16 h no escuro. A solução radical ABTS foi diluída em etanol para obter uma absorbância de 0,70 (± 0,05) a 734 nm. Alíquotas de 30 µL do sorvete foram adicionadas a 3,0

mL da solução radical ABTS e, após 6 min, as leituras de absorvância foram realizadas. O controle foi avaliado substituindo a 30 µL do sorvete por etanol.

O DPPH foi avaliado homogeneizando 0,1mL do sorvete com 3,9 mL da solução de DPPH (0,06 mM), sendo incubado durante 2 h no escuro. A absorvância foi medida a 515 nm. O branco foi medido substituindo 0,1mL do sorvete por metanol.

O RSA foi calculado, para ambas as amostras, de acordo com a Equação (2):

$$\%RSA = 100 \times \frac{Ab - As}{Ab} \quad (2)$$

Onde Ab é a absorvância do branco e o As é absorvância da amostra.

Microscopia de fluorescência

10 µL do sorvete foram homogeneizados com 10 µL dos reagentes Syto9 (24mol/L) e iodeto de propídio (120 µmol/L), na proporção de 1:1, sendo aplicados no meio ágar-ágar e incubados no escuro por 30min a temperatura ambiente. As imagens foram adquiridas através do microscópio confocal (Zotta, Guidone, Tremonte, Parente, & Ricciardi, 2012) e as células foram observadas na objetiva de imersão 40 e 100.

2.8 Comportamento reológico

O teste reológico foi realizado na temperatura de 5 °C usando o reômetro HAAKE Rheostress 6000 (ThermoScientific, Karlsruhe, Alemanha), equipado com banho termostático HAAKE A10 (ThermoScientific) e um sistema de controle de temperatura universal HAAKE UTM Controller (ThermoScientific). Um conjunto de sensores de geometria de cilíndricos concêntricos (copo CCB25 DIN e rotor CC25 DIN Ti) com um gap de 5.3 mm foi utilizado. Nas medidas, utilizou-se um volume de 16.1 mL para cada amostra.

Para quebrar a tixotropia, eliminando a influência do tempo no comportamento do escoamento dos tratamentos, cada amostra foi submetida a uma rampa contínua de taxa de deformação na faixa de 0 a 300 s⁻¹, durante 2 minutos para a curva ascendente e 2 minutos para a curva descendente. Após este procedimento, gerou-se a curva de fluxo, para a caracterização reológica de cada amostra, por meio da aplicação de uma curva de escoamento variando-se a taxa de deformação de 0 a 300 s⁻¹ por 3 minutos. Os modelos Lei de Newton (Equação 3), Lei da Potência (Equação 4) e Herschell-Buckley (Equação 5) foram ajustados aos dados experimentais das curvas de fluxo.

$$\sigma = \mu\gamma \quad (3)$$

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (4)$$

$$\sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (5)$$

Onde σ é a tensão de cisalhamento (Pa), μ é a viscosidade Newtoniana (Pa·s), $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação (s^{-1}), K é o índice de consistência (Pa·sn), n é o índice de comportamento de fluxo (adimensional), e σ_0 é a tensão inicial (Pa).

2.9 Análise estatística

Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de média (Tukey, $p < 0.05$), utilizando o pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS University Edition, Cary, USA, 2016). Os modelos dos parâmetros reológicos foram ajustados aos dados experimentais das curvas de fluxo por meio do programa estatístico SAS e os gráficos foram plotados usando o programa SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc., Califórnia, EUA, 2008).

3.0 Resultados e discussões

O sorvete de inhame foi avaliado em relação aos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídio e amido (Tabela 1). As concentrações encontradas variaram de 86-87% de umidade, 0,2-0,22% de cinzas, 3,9-4,6% de proteína, 0,16-0,17% de lipídio e de 22-26% de amido. Diferenças significativas foram observadas para as concentrações de amido e de proteína que reduziram após a fermentação, provavelmente, devido à presença de amilases e proteases produzidas pelo microrganismo.

A cepa de *L. lactis*, utilizada como cultura iniciadora no desenvolvimento do sorvete de inhame, foi caracterizada como produtora de amilase em estudos preliminares. A amilase é uma enzima fundamental para microrganismos que utilizam o amido como fonte de carbono e de energia, e quando presente no meio atua hidrolisando a rede de amido em polímeros menores. Além disso, o gênero *Leuconostoc* tem sido relatado como produtor de protease (Sonar & Halami, 2014).

Entre os minerais avaliados (Tabela 2) K, S, Cu, Mn, Zn e Fe diferiram significativamente quanto a sua concentração, apresentando valores mais elevados para o sorvete fermentado. A elevada concentração dos minerais detectada em cereais, raízes e tubérculos fermentados por bactérias do ácido láctico é, provavelmente, decorrente da presença da enzima fitase que atua na hidrólise do ácido fítico impedindo a formação de complexos estáveis com os minerais (Ghosh et al., 2015; Lopez, Leenhardt, Coudray, & Remesy, 2002). A utilização de bactérias lácticas em fermentação a base de vegetais tem se demonstrado eficaz no aumento da biodisponibilidade de minerais (Anastasio et al., 2010)

Algumas bactérias do gênero *Leuconostoc* sp são conhecidas por sua atuação em processos fermentativos, sendo comumente encontradas no início do processo. Esses microrganismos

produzem ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio e bacteriocinas, que auxiliam no controle da fermentação por inibirem o desenvolvimento de outras bactérias, tais como o gênero *Listeria* spp (Stiles, 1994).

As células de *Leuconostoc lactis* CCMA0415 apresentam-se dispersas em toda a matriz do sorvete (Fig 1). A morte celular pode ser observada pela emissão da fluorescência vermelha, enquanto que a fluorescência verde caracteriza as células vivas. A redução da concentração celular ocorreu durante o processamento do sorvete que passou de 8 Log UFC mL⁻¹ para 7 Log UFC mL⁻¹. Tanto a concentração celular quanto a acidez titulável (~ 0,2%) e pH (~ 4,0) permaneceram constante durante os 90 dias de estocagem (Tabela 3). A viabilidade celular da *Leuconostoc lactis* CCMA0415 pode ser influenciada pela composição do peptídeo glicano, como sugerido por POLO et al., (2017) que relacionou a presença de meso-diaminopimelico na parede celular das bactérias lácticas com a tolerância ao congelamento (-196°C).

A concentração dos fenólicos totais e da atividade antioxidante (Tabela 4) foi avaliada no sorvete de inhame. Tanto a concentração de fenólicos totais quanto a atividade antioxidante apresentaram valores reduzidos para o sorvete fermentado. A concentração de fenólicos totais variou de aproximadamente 51 a 54 mg/g e não foram observadas diferenças significativas entre os sorvetes. No entanto, a atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS diferiram significativamente, indicando a possível interação dos fenólicos da planta com proteínas que podem formar complexos insolúveis e reduzir a sua atividade antioxidante (F. Liu, Chen, Shao, Wang, & Zhan, 2017).

A capacidade de redução do radical livre pelo método DPPH foi de 18 e 10% para o sorvete fermentado e não fermentado, respectivamente, e para o método ABTS de 44 a 26% para o sorvete fermentado e não fermentado, respectivamente. Zhang et al., (2016) ao avaliar a capacidade de eliminação do radical livre da mucilagem de inhame obteve concentrações que variaram de 25 a 80%, demonstrando assim, que a mucilagem do inhame contribui com a sua atividade antioxidante.

A Fig. 2 representa o comportamento melting do sorvete de inhame e a taxa de derretimento que foi determinada pela análise de regressão linear ($r^2 = 0,98$). A taxa de melting das amostras foi de aproximadamente 0,5 g/min, e não apresentou diferenças significativas entre as amostras.

A baixa taxa de melting observada, provavelmente deve-se as baixas concentrações de gorduras utilizadas na preparação do sorvete, uma vez que a rede de glóbulos de gordura, formada durante o congelamento, influencia na taxa de melting (Muse & Hartel, 2004). Reduzida taxa de melting após a elaboração de sorvete com baixa concentração de gordura também foi observada por Sharma; Singh & Yadav, (2017). Ademais, o melting também pode ser influenciado pela quantidade de ar incorporado (overrun) e por estruturas de cristais de gelo (Muse & Hartel, 2004). A redução na concentração de gordura interfere também na taxa de incorporação de ar (overrun). Moriano & Alamprese, (2017) observaram que quanto menor a quantidade de gordura maior será

a incorporação de ar. Tal afirmação pode justificar o elevado teor de overrun nas amostras de sorvete de inhame, que apresentaram 233% e 283% para o sorvete sem fermentar e fermentado, respectivamente.

Outro fator que pode ter afetado a taxa de overrun é a concentração proteica, que no sorvete de inhame foi de 4%. (Chang & Hartel, 2002) afirmaram que além da gordura, a presença de proteínas e hidrocolóides auxiliam na incorporação de ar e no controle termodinâmico das bolhas de ar.

Apesar de elevada, a taxa de overrun observada atende ao proposto por Flores e Goff (1999), que sugerem que o sorvete deve ter no mínimo 70% de overrun. Valor suficiente para evitar colisão entre cristais de gelo e manter dispersa a fase sérica em torno de cada cristal.

Os dados sugerem que a baixa taxa de melting e o alto valor de overrun podem estar relacionados ainda a uma reduzida taxa de transferência de calor devido ao grande volume de ar (Sofjan & Hartel, 2004).

O comportamento reológico do sorvete foi avaliado (Fig. 3). Dentre os modelos empregados (Tabela 5) a Lei de Potência apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais apresentando altos valores de coeficiente de determinação ($R^2=0,99$) e baixos valores de erro quadrado médio (RMSE), no entanto, nenhuma diferença significativa foi observada entre o sorvete fermentado e não fermentado.

O sorvete foi caracterizado como um fluido não Newtoniano e apresentou comportamento pseudoplástico ($n<1$), como observado na Fig. 3. Os valores de n variaram de 0,58 a 0,6 e não apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$). Sorvetes com reduzida concentração de gordura apresentaram valores de n que variaram de 0,43 a 0,66 (Aime, Arntfield, Malcolmson, & Ryland, 2001).

O sorvete fermentado apresentou maior tensão de cisalhamento ($\cong 35\text{Pa}$) quando comparado com sorvete não fermentado ($\cong 21\text{Pa}$). A tensão de cisalhamento pode ser influenciada pela composição do alimento, pressão de homogeneização, incorporação de ar e agregação dos cristais de gelo (Kus, Altan, & Kaya, 2005; Sofjan & Hartel, 2004). Sendo assim, esta variação pode ter ocorrido devido às diferenças significativas na concentração de amido e de proteína nas amostras de sorvete.

A viscosidade das amostras diminuiu com a taxa de deformação (Fig 3 (b)) sendo a menor viscosidade observada para a amostra fermentada.

A concentração de carboidratos interfere na viscosidade da solução, devido a sua capacidade de se ligar na molécula de água e aumentar a viscosidade (Aykan, Sezgin, & Guzel-Seydim, 2008; SCHMIDT, LUNDY, REYNOLDS, & YEE, 1993). A amostra fermentada apresentou concentrações reduzidas de amido que pode ter interferido na menor viscosidade detectada na amostra de sorvete.

4.0 Conclusão

Leuconostoc lactic demonstrou bons resultados como inoculante para a fermentação do inhame. As células microbianas permaneceram viáveis ao longo de todo o período analisado. Após a fermentação houve maior disponibilização de minerais, o teor de fenólicos totais se manteve e as características físicas do sorvete foram pouco alteradas. O sorvete elaborado a partir da massa de inhame fermentada contendo reduzida concentração de gordura foi caracterizado como não Newtoniano e de comportamento pseudoplástico. Além da melhoria na qualidade nutricional obtida após o processo fermentativo, o inhame foi caracterizado como uma matéria-prima adequada para ser utilizada como substituinte ao leite durante a elaboração de gelados comestíveis.

5.0 Referências bibliográficas

- A.O.A.C. (2005). *Association of official analytical chemistry (aoac). official methods of analysis of the aoac International*. (18th ed.). Gaithersburg.
- ABIS. (2017). Estatística: Produção e consumo de Sorvetes no Brasil, 2003-2016. Retrieved January 12, 2018, from http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobrais.html
- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., & Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, *34*(2–3), 237–246. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00160-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00160-5)
- Anastasio, M., Pepe, O., Cirillo, T., Palomba, S., Blaiotta, G., & Villani, F. (2010). Selection and Use of Phytate-Degrading LAB to Improve Cereal-Based Products by Mineral Solubilization during Dough Fermentation. *Journal of Food Science*, *75*(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01402.x>
- Aykan, V., Sezgin, E., & Guzel-Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *110*(6), 516–520. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700277>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol*, *28*, 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- BRASIL. (2005). Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. REGULAMENTO TÉCNICO PARA GELADOS COMESTÍVEIS E PREPARADOS PARA GELADOS COMESTÍVEIS. In *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil* (Vol. 22 set). Brasília, DF.
- Chang, Y., & Hartel, R. W. (2002). Measurement of air cell distributions in dairy foams.

- International Dairy Journal*, 12(5), 463–472. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00171-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00171-6)
- Flores, A. A., & Goff, H. D. (1999). Ice Crystal Size Distributions in Dynamically Frozen Model Solutions and Ice Cream as Affected by Stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 82(7), 1399–1407. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75366-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75366-X)
- Ghosh, K., Ray, M., Adak, A., Halder, S. K., Das, A., Jana, A., ... Mondal, K. C. (2015). Role of probiotic *Lactobacillus fermentum* KKL1 in the preparation of a rice based fermented beverage. *Bioresource Technology*, 188, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.130>
- Heine, R. G., AlRefaee, F., Bachina, P., De Leon, J. C., Geng, L., Gong, S., ... Rogacion, J. M. (2017). Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children – common misconceptions revisited. *World Allergy Organization Journal*, 10(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40413-017-0173-0>
- Jimenez-Flores, R., Klipfel, N. J., & Tobias, J. (1992). Ice Cream and Frozen Desserts. In Y. K. Hui (Ed.), *Dairy science and technology handbook* (pp. 59–157). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780813804033.ch16>
- Kus, S., Altan, A., & Kaya, A. (2005). Rheological Behavior and Time-Dependent Characterization of Ice Cream Mix With Different Salep Content. *Journal of Texture Studies*, 36(3), 273–288. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2005.00016.x>
- Liu, F., Chen, Z., Shao, J., Wang, C., & Zhan, C. (2017). Effect of fermentation on the peptide content, phenolics and antioxidant activity of defatted wheat germ. *Food Bioscience*, 20(September), 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.10.002>
- Liu, S., Han, Y., & Zhou, Z.-J. (2011). Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods. *Food Research International*, 44(3), 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.034>
- Lopez, H. W., Leenhardt, F., Coudray, C., & Remesy, C. (2002). Minerals and phytic acid interactions : is it a real problem for human nutrition ? *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 727–739.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações* (Second).
- Moriano, M. E., & Alamprese, C. (2017). Organogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. *LWT - Food Science and Technology*, 86, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.034>
- Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
- NELSON, N. (1944). A PHOTOMETRIC ADAPTATION OF THE SOMOGYI METHOD FOR

- THE DETERMINATION OF GLUCOSE. *The Journal of Biological Chemistry*, 153, 375–380. Retrieved from <http://xa.yimg.com/kq/groups/22975017/567938699/name/375.full.pdf>
- NIELSEN. (2015). Confiança do consumidor. Preocupações e intenções de gastos ao redor do mundo. 1º. Trimestre de 2015, 24.
- Patel, K., Gadewar, M., Tahilyani, V., & Patel, D. K. (2012). A review on pharmacological and analytical aspects of diosgenin: a concise report. *Natural Products and Bioprospecting*, 2(2), 46–52. <https://doi.org/10.1007/s13659-012-0014-3>
- Peng, Y., Yang, Z., Wang, Y., Liu, Z., Bao, J., & Hong, Y. (2011). Pathways for the steroidal saponins conversion to diosgenin during acid hydrolysis of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(12), 2620–2625. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.06.008>
- Polo, L., Mañes-Lázaro, R., Olmeda, I., Cruz-Pio, L. E., Medina, Ferrer, S., & Pardo, I. (2017). Influence of freezing temperatures prior to freeze-drying on viability of yeasts and lactic acid bacteria isolated from wine. *Journal of Applied Microbiology*, 122(6), 1603–1614. <https://doi.org/10.1111/jam.13465>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). ANTIOXIDANT ACTIVITY APPLYING AN IMPROVED ABTS RADICAL. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9–10), 1231–1237.
- SCHMIDT, K., LUNDY, A., REYNOLDS, J., & YEE, L. N. (1993). Carbohydrate or Protein Based Fat Mimicker Effects on Ice Milk Properties. *Journal of Food Science*, 58(4), 761–763. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09353.x>
- Sharma, M., Singh, A. K., & Yadav, D. N. (2017). Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch. *Journal of Food Science and Technology*, 54(6), 1638–1645. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2595-7>
- Silva, P. H. F. da, Siqueira, K. B., Binoti, M. L., Nunes, R. M., & Stephani, R. (2017). Tendências do Mercado de Produtos Lácteos. In R. A. Zacarchenco, Patrícia Blumer; Van Dender, Ariene Gimenes Fernandes; Rego (Ed.), *Brasil Dairy Trends 2020* (Frist, p. 343). Campinas.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. Retrieved from <http://www.scribd.com/doc/73065237/Colorimetry-of-Total-Phenolics-With-Phosphomolybdic#scribd>
- Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14, 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
- SOMOGYI, M. (1945). A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry*, 160, 61–68. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/>

- Sonar, N. R., & Halami, P. M. (2014). Phenotypic identification and technological attributes of native lactic acid bacteria present in fermented bamboo shoot products from North-East India. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 4143–4148.
<https://doi.org/10.1007/s13197-014-1456-x>
- Soukoulis, C., Chandrinou, I., & Tzia, C. (2008). Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT - Food Science and Technology*, 41(10), 1816–1827.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.12.009>
- Stiles, M. E. (1994). Bacteriocins produced by *Leuconostoc* species. *Journal of Dairy Science*, 77(9), 2718–2724.
- Suarez, F. L., Savaiano, D. A., & Levitt, M. D. (1995). Review article: the treatment of lactose intolerance. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 589–597.
- Zhang, Z., Wang, X., Liu, C., & Li, J. (2016). The degradation, antioxidant and antimutagenic activity of the mucilage polysaccharide from *Dioscorea opposita*. *Carbohydrate Polymers*, 150, 227–231. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.034>
- Zotta, T., Guidone, A., Tremonte, P., Parente, E., & Ricciardi, A. (2012). A comparison of fluorescent stains for the assessment of viability and metabolic activity of lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(3), 919–927.
<https://doi.org/10.1007/s11274-011-0889-x>

Tabelas

Tabela 1 Composição físico-química do sorvete de inhame não fermentado e fermentado com *Leuconostoc lactis* CCMA0415

Parâmetros	Concentração (%)	
	Não fermentado	Fermentado
Umidade	87,25±0,09 ^a	86,46±0,21 ^a
Cinzas	0,22±0,0 ^a	0,2±0,01 ^a
Proteína	4,68±0,01 ^b	3,99±0,09 ^a
Lipídio	0,17±0,0 ^a	0,16±0,0 ^a
Amido	26,82±0,0 ^b	22,35±0,0 ^a

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0.05$).

Tabela 2 Concentração dos minerais no sorvete não fermentado e fermentado com *Leuconostoc lactis* CCMA0415

Minerais	Concentração	
	Não fermentado	Fermentado
P (g/L)	0,7±0,04 ^a	0,8±0,02 ^a
K (g/L)	11,4±0,05 ^a	13±0,28 ^b
Ca (g/L)	0,2±0,04 ^a	0,3±0,02 ^a
Mg (g/L)	0,5±0,05 ^a	0,5±0,01 ^a
S (g/L)	0,6±0,02 ^a	0,9±0,02 ^b
Cu (mg/L)	4,20±0,04 ^a	4,43±0,04 ^b
Mn (mg/L)	0,15±0,02 ^a	0,56±0,02 ^b
Zn (mg/L)	11,07±0,02 ^a	11,19±0,02 ^b
Fe (mg/L)	18,11±0,05 ^a	21,45±0,05 ^b

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (p > 0.05).

Tabela 3 Concentração de ácido láctico, pH e a viabilidade celular avaliados durante 90 dias de estocagem do sorvete não fermentado e fermentado com *Leuconostoc lactis* CCMA0415

Tempo (dias)	Concentração do ácido láctico (%)		pH		Concentração celular (UFC/mL)
	Sem fermentar	Fermentado	Sem fermentar	Fermentado	Fermentado
0	0,00±0,0	0,00±0,0	6,01±0,0	6,01±0,05	7,70±0,02
7	0,00±0,0	0,23±0,0	6,05±0,02	3,93±0,04	7,30±0,65
14	0,00±0,0	0,21±0,0	6,00±0,01	4,00±0,0	7,34±0,25
21	0,00±0,0	0,22±0,0	6,08±0,02	4,13±0,01	7,04±0,41
30	0,00±0,0	0,21±0,0	5,975±0,0	4,06±0,0	6,80±0,47
60	0,00±0,0	0,21±0,0	6,07±0,0	4,13±0,01	7,33±0,50
90	0,00±0,0	0,23±0,0	6,10±0,0	4,05±0,0	6,51±0,06

Valores médios ± desvio padrão

Tabela 4. Concentração dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante do sorvete não fermentado e fermentado com *Leuconostoc lactis* CCMA0415, pelos métodos DPPH e ABTS.

	Fenólicos totais (mg/g de sorvete)	DPPH atividade antioxidante (%)	ABTS atividade antioxidante (%)
Não fermentado	0.54±0.01 ^a	18,36±0.09 ^a	44,31±0.3 ^a
Fermentado	0.51±0.03 ^a	10,64±0.0 ^b	26,31±0.4 ^b

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0.05$).

Tabela 5. Parâmetros reológicos das emulsões.

Tratamento	Lei da Potência			
	K	n	RMSE	R^2
Não fermentado	1.3921 (±0.1705) ^a	0.6032 (±0.0236) ^a	0.7775	0.9912
Fermentado	0.8533 (±0.3167) ^a	0.5726 (±0.0245) ^a	0.8652	0.9801

Valores médios ± desvio padrão; $n = 4$. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste *Tukey* ($p > 0.05$). K é o índice de consistência ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$), n é o índice de comportamento de fluxo (adimensional), RMSE= erro quadrado médio, R^2 = coeficiente de determinação

Figuras

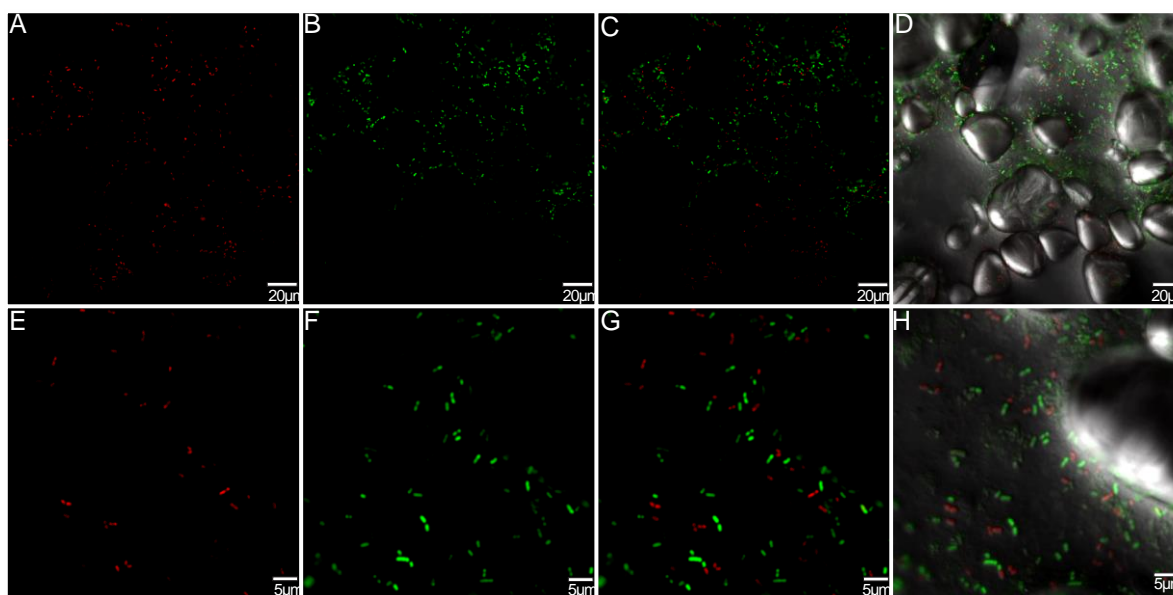


Figure 1 Microscopia do sorvete fermentado com *Leuconostoc lactis* CCMA0415 A-E células bacterianas mortas (fluorescência vermelha), B-F células bactérias vivas (fluorescência verde), C-G células bacterianas vivas e mortas, D-H matriz do sorvete.

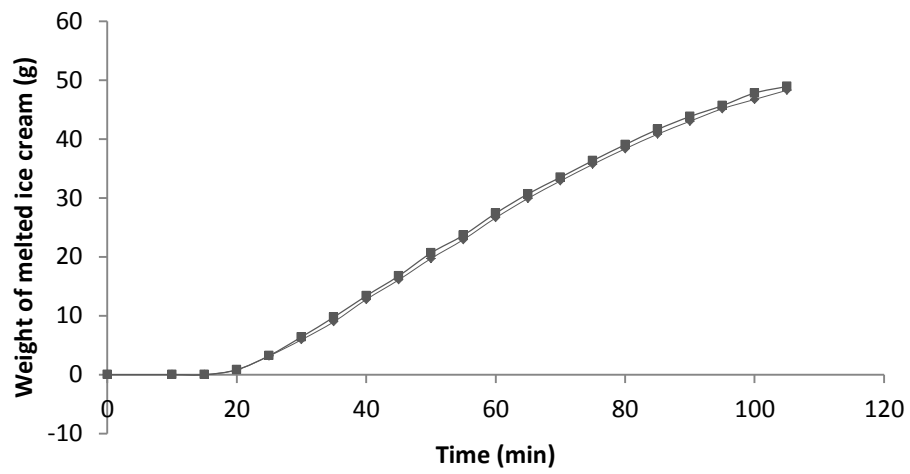
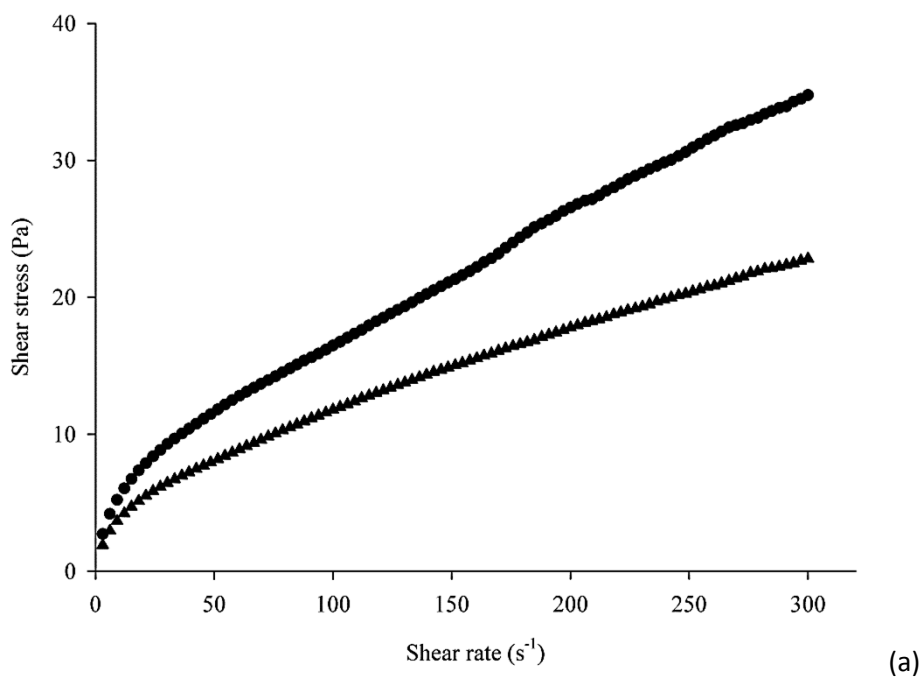


Figura 2 Curva de melting do sorvete de inhame não fermentado (■) e fermentado (◆) com *Leuconostoc lactis* CCMA0415



(a)

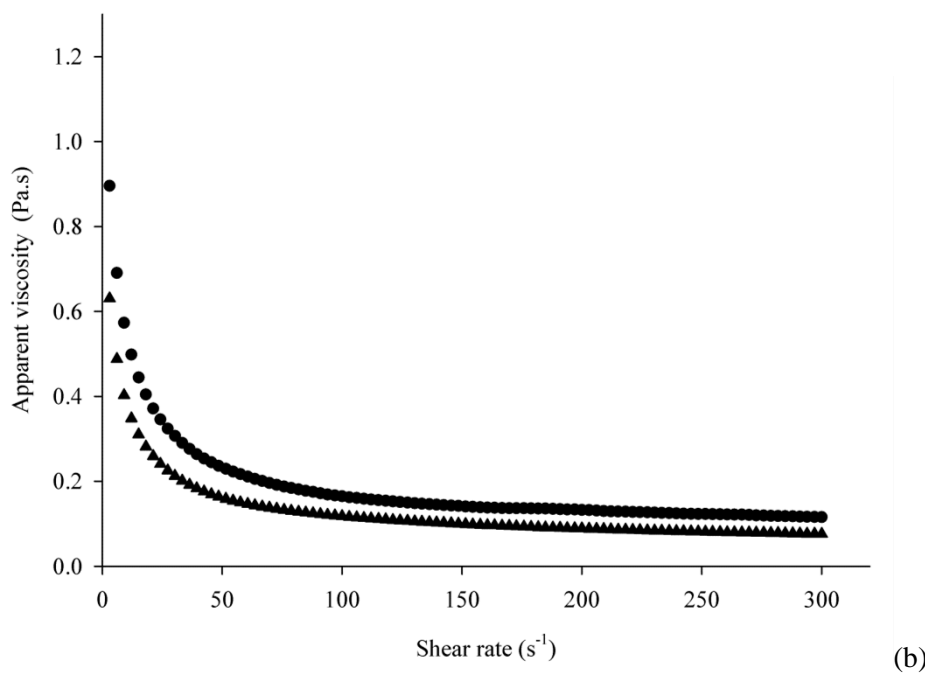


Figura 3. Comportamento reológico: (a) relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação (s^{-1}), e (b) relação entre a viscosidade aparente (Pa s) e a taxa de deformação (s^{-1}) do sorvete de inhame não fermentado (●) e fermentado (▲) com *Leuconostoc lactis*

ARTIGO 3

Informação como um determinante na aceitação de sorvete a base de inhame fermentado

Artigo redigido conforme norma da Revista Food Quality and Preference, sujeito a modificações conforme sugestões do conselho editorial da revista.

Resumo

Os alimentos que indicam contribuir com a saúde e bem estar tem despertado grande interesse da população. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da informação na aceitação do sorvete fermentado de inhame, bem como o seu perfil sensorial. Os testes de aceitação e CATA foram realizados em duas sessões por 102 provadores. Na primeira sessão, os consumidores receberam informações sucintas sobre o produto e informações complementares foram passadas aos consumidores na segunda sessão. No teste de aceitação os dados foram avaliados pelo teste Friedman e diferença significativa entre as sessões foram observadas ($p < 0,05$) para o atributo sabor. Informações sobre os benefícios a saúde interferiram positivamente nas características sensoriais, pois foi observada uma redução na aceitabilidade das características “desgostei moderadamente” e “desgostei muito” e um aumento na aceitabilidade das características “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. A descrição do sorvete foi obtida através do teste CATA. A primeira sessão o sorvete foi descrito como sabor água de coco e ácido com textura arenosa, enquanto que na segunda sessão foi descrito como o sabor iogurte com textura cremosa. Nota-se assim uma tendência em atribuir características mais agradáveis à segunda sessão em relação à primeira. Os sabores maçã verde, castanha, doce, manga e frutado parecem não terem sido influenciados pela informação. Sendo assim, tanto a aceitação quanto o perfil sensorial do sorvete foram influenciadas pelas informações obtidas pelo consumidor.

Palavras chaves: análise sensorial, sorvete, teste de aceitação e CATA

1.0 Introdução

A intolerância a lactose acomete aproximadamente 75% da população mundial, sendo 15% das pessoas descendentes do norte da Europa, 80% dos negros e latinos e 100% dos índios americanos e asiáticos (Swagerty Jr, Walling, & Klein, 2002; Szilagyi, 2015). A má absorção da lactose pelo intestino ocorre devido à deficiência da produção de lactase pelo indivíduo resultando em sintomas gastrointestinais, tais como fezes aquosas, inchaço e dor abdominal (Swagerty Jr et al., 2002; Szilagyi, 2015).

A utilização de cereais, raízes e tubérculos vêm sendo uma alternativa para elaboração de produtos sem lactose. Atualmente, o mercado oferece bebidas elaboradas, principalmente, a partir de arroz, aveia e soja.

O inhame é um tubérculo pertencente à família Dioscoreacea, constituído por carboidratos, aminoácidos essenciais, minerais, vitaminas e compostos bioativos tais como diosgenina, alantoina e a dioscorina (Wanasundera & Ravindran, 1994).

De acordo com a FAO (2013), aproximadamente 68 milhões de toneladas de inhame são produzidas anualmente, sendo 7 milhões de toneladas perdidas durante os tratamentos pós-colheita. Sendo assim, o processamento do inhame é uma alternativa para reduzir o desperdício e aumentar o consumo deste tubérculo pela população.

O mercado consumidor tem mostrado uma crescente tendência por alimentos que contribuam com a saúde e bem-estar. Com isso, a indústria alimentícia tem voltado esforços para o desenvolvimento de produtos que atendam tais demandas dos consumidores. Nesse cenário, a elaboração de alimentos fermentados vem se destacando, pois, além do processo fermentativo prolongar a vida de prateleira, promove melhoraria na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos.

Uma das ferramentas imprescindíveis durante a elaboração de um novo produto é a avaliação sensorial (PENNA, 1999). A percepção sensorial é um processo dinâmico que permite caracterizar a amostra e avaliar sua aceitabilidade pelos consumidores. Dentre os métodos sensoriais o teste de aceitação é comumente utilizado para obter informações de quanto o consumidor gostou e desgostou da amostra, baseando na escala hedônica estruturada com 9 pontos. O teste CATA tem sido amplamente utilizado por se um método rápido, simples e fácil para descrever a amostra quando comparado aos demais métodos.

Durante a análise sensorial diversos fatores podem influenciar na resposta do consumidor tais como os relacionados ao produto, ao consumo e ao ambiente. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influencia da informação na aceitação do produto, bem como o perfil sensorial.

2.0 Materiais e métodos

2.1 Elaboração do sorvete

Aproximadamente 2Kg de inhame (adquirido no Mercado local de Lavras, MG, Brazil), foram utilizados para preparar o sorvete. O inhame foi lavado, descascado, cortado e os pedaços foram submetidos ao pré-cozimento a 60°C por 10 min. O meio de inhame foi preparado pela adição de 40% (p/v) de inhame, 60% (v/v) de água mineral e 1% (p/v) de carboximetilcelulose em água mineral e pasteurizado a 65°C por 30 min.

A bactéria láctica *Leuconostoc lactis* CCMA0415 foi utilizada como o inoculante para a fermentação. A cepa de *L. lactis* CCMA0415 foi previamente crescida em meio MRS (Merck, Darmstadt, Germany) a 35°C por 24h, e inoculada no meio de inhame a 10^7 UFC/mL. A fermentação foi conduzida durante 6h a 35°C.

A massa de inhame fermentada foi utilizada para a preparação do sorvete. Foram acrescidos ao meio 0,6% estabilizante (Liga neutra), 1,11% de glicose e 10% de sacarose. A mistura foi homogeneizada e posteriormente maturada durante 24h. Após este período foi adicionado 0,6%

de emulsificante (Emustab) e a massa foi levada para sorveteira onde permaneceu batendo durante 10 min, sendo posteriormente congelada (Jimenez-Flores, Klipfel, & Tobias, 1992).

2.2 Análise sensorial

A análise sensorial do sorvete de inhame fermentado foi conduzida na Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG) por 102 adultos, sendo 58,82% mulheres e 41,18% homens, com idade entre 18 e 60 anos. A amostra foi oferecida em copos de plásticos (50mL) contendo aproximadamente 5g de sorvete.

A análise sensorial do sorvete foi realizada em duas sessões. Na primeira sessão os consumidores receberam a seguinte informação “Você está recebendo uma amostra de sorvete lacfree”, e na segunda sessão a informação foi “Você está recebendo uma amostra de sorvete lacfree, elaborada a partir do inhame. O desenvolvimento deste produto tem como objetivo aumentar a diversidade de alimentos funcionais lacfree através da elaboração de um produto fermentado de inhame. O inhame é constituído por carboidratos, aminoácidos essenciais, minerais e vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, vitamina A e ácido ascórbico), além, dos compostos bioativos como diosgenina, alantoína e a dioscorina que podem atuar melhorando, os níveis de colesterol total, LDL, HLD, triglicérido, glicose, além do seu efeito anticancerígeno. Ou seja, o consumo regular deste alimento pode ser efetivo no controle de doenças metabólicas (colesterol, diabetes e obesidade), inflamações e câncer”.

A partir da informação fornecida acerca do produto, o teste de aceitação seguido do teste check-all-that-apply (CATA) foi realizado.

No teste de aceitação os consumidores avaliaram os atributos sabor, aroma, aparência, textura e impressão global em cada sessão. O sorvete foi classificado em relação ao quanto gostaram e desgostaram de cada atributo através da escala hedônica estruturada de nove pontos (1- desgostei extremamente; 2 – desgostei muito; 3 – desgostei moderadamente; 4 – desgostei ligeiramente; 5 – nem gostei nem desgostei; 6 – gostei ligeiramente; 7 – gostei moderadamente; 8 – gostei muito; 9 – gostei extremamente) (Stone & Sidel, 1985).

No teste CATA foi realizado um grupo de foco com intuito de definir as características relacionadas ao sorvete. Nove características sensoriais, tais como água de coco, doce, frutado, maçã verde, manga, ácido, castanha, iogurte natural, arenoso e cremoso, relacionadas ao atributo sabor e textura foram definidas e, durante a análise sensorial os consumidores selecionaram aquelas que consideravam mais apropriadas para descrever o sorvete. A análise sensorial foi conduzida com aprovação do comitê de ética (CAAE 64258116.5.0000.5148) (Universidade Federal de Lavras).

2.3 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk. Em seguida a pontuação para os atributos no teste de aceitação foram submetidos à análise de Friedman utilizando o software SPSS. Diferenças significativas foram observadas quando valores de p se apresentaram $<0,05$.

A influência do sexo na aceitabilidade do sorvete foi realizada através do Gabriel biplot em que se avaliou a variação das notas dadas tanto pelo público masculino quanto pelo público feminino durante as duas sessões. O perfil sensorial foi obtido pelo CATA em que os dados foram analisados através da Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando uma matriz de correlação na qual os atributos de sabor e textura atribuídos às amostras de sorvete foram utilizados para caracterizar as amostras em ambas as sessões de análise sensorial (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). Ambas as análises utilizaram o software XLSTAT.

3.0 Resultados e discussão

O sorvete elaborado a partir do meio fermentado de inhame foi avaliado através do teste de aceitação e CATA em duas sessões por 102 consumidores. No teste de aceitação os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global foram avaliados.

A aceitabilidade do sorvete fermentado variou da primeira sessão em relação à segunda sessão. Na primeira sessão (Fig. 2) os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global foram predominantemente classificados pelos consumidores como gostei muito (23,50%), nem gostei e nem desgostei (28,43%), gostei ligeiramente (24,50%), desgostei ligeiramente (21,56%) e gostei ligeiramente (23,52%). Na segunda sessão os mesmos atributos foram classificados como gostei muito (26,47%), nem gostei e nem desgostei (26,47%), gostei moderadamente (21,56%), desgostei ligeiramente (21,56%) e gostei moderadamente (28,43%), respectivamente.

A partir das diferenças na aceitabilidade observadas entre as sessões, diferenças significativas foram detectadas para o atributo sabor ($p<0,05$). De acordo com Tronsen, Braaten, Lund, & Eggen, (2004) o sabor é o principal atributo influenciado na percepção dos consumidores quando se trata do consumo de alimentos benéficos à saúde e, de acordo com os dados obtidos o público masculino foi o grupo mais influenciado pelas informações (Fig 1).

Mudanças em relação à classificação dos atributos do sorvete durante o teste de aceitação (Tabela 1) também foram observadas para o sabor que apresentou uma redução de 50-80% na aceitabilidade do produto para a classe “desgostei muito” e obteve um aumento de 100% na classe “gostei moderadamente”.

Das classes que inferem a rejeição do produto, tais como “desgostei muito”, para atributos aparência e impressão global, apresentaram uma redução de 50-80% na aceitabilidade do sorvete. No entanto, as classes “gostei muito”, para o atributo aparência, e “gostei moderadamente”, para

o atributo impressão global, apresentaram um aumento na aceitabilidade de 11-20%. O aroma teve uma redução de 100% na classe “desgostei muito” e aumento de 30-50% para a classe “gostei ligeiramente” e na textura foi observada uma redução de 21-40% para a característica “desgostei muito” e aumento de 51-70% para a classe “gostei ligeiramente”.

A variação na resposta dos consumidores em relação à aceitabilidade do sorvete de inhame foi mais marcante para sexo masculino. Essa variação pode ter ocorrido através da conscientização da população masculina sobre a influência dos hábitos alimentares no desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis que até então era uma preocupação apenas da população feminina (Castres, 2015; Deeks, Lombard, Michelmore, & Teede, 2009).

Em 2015, foram estimadas 40 milhões de mortes por doenças crônicas não transmissíveis (NCD). As principais NCD são doenças cardiovasculares (17,7 milhões), cânceres (8,8 milhões), doenças respiratórias (3,9 milhões) e diabetes (16 milhões) e acometem mais o sexo masculino do que o feminino. Os principais fatores relacionados ao desenvolvimento das NCD são o tabagismo, consumo de álcool, pressão arterial elevada e obesidade (WHO, 2017).

Sendo assim, a partir do conhecimento sobre os benefícios do consumo de inhame foi observada uma redução na atribuição das classes “desgostei moderadamente” e “desgostei muito” que influenciam negativamente na aceitabilidade do produto, e um aumento das classes “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”.

A descrição do sorvete foi obtida através do teste check-all-that-apply (CATA) para os atributos sabor (água de coco, doce, frutado, maçã verde, manga, ácido, castanha e iogurte natural) e textura (arenoso e cremoso). O CATA é uma alternativa rápida para um teste descritivo, pois não requer um treinamento extensivo com os provadores e, é conduzido a partir de uma lista de atributos previamente definida, em que os provadores selecionam atributos que consideram mais apropriados para descrever a amostra (Valentin, Chollet, Lelièvre, & Abdi, 2012).

A análise de componentes principais (PCA) (Fig 3) foi realizada para verificar diferenças descritivas, ou seja, nas características conferidas aos atributos, entre as sessões. As componentes representaram 100% da variação total dos dados, sendo que a componente 1 correspondeu a 93,60%, e a componente 2 correspondeu a 6,40% da variabilidade total.

O diagrama de dispersão gerado revelou que o perfil sensorial da primeira sessão apresentou sabor água de coco e ácido com textura arenosa, enquanto que, na segunda sessão foi descrita como o sabor iogurte com textura cremosa. Nota-se assim uma tendência em atribuir características mais agradáveis à segunda sessão em relação à primeira. Os sabores maçã verde, castanha, doce, manga e frutado parecem não terem sido influenciados pela informação.

4.0 Conclusão

O conhecimento sobre a composição do sorvete bem como os possíveis benefícios que o consumo do inhame pode proporcionar a saúde do consumidor influenciou, positivamente, tanto na aceitação quanto o perfil sensorial do sorvete, sendo caracterizando como um promissor alimento lacfree a ser comercializado pela indústria alimentícia. O sabor diferiu significativamente entre as sessões, caracterizado como o atributo determinante da aceitabilidade do produto final, além disso, foi influenciado principalmente pelos consumidores do sexo masculino. Produtos com apelo à saudabilidade podem apresentar sabor diferenciado e uma melhoria da aceitabilidade pelos consumidores, principalmente aqueles pertencentes ao sexo masculino.

Referências bibliográficas

- Castres, P. (2015). Informed food choices for healthier consumers. *The European Consumer Organisation*, 27. Retrieved from http://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2015-008_pca_beuc_position_paper_on_nutrition.pdf
- Deeks, A., Lombard, C., Michelmore, J., & Teede, H. (2009). The effects of gender and age on health related behaviors. *BMC Public Health*, 9, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-213>
- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2013). FAOSTAT, Compare Data. Retrieved October 31, 2017, from <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. a. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.025>
- Jimenez-Flores, R., Klipfel, N. J., & Tobias, J. (1992). Ice Cream and Frozen Desserts. In Y. K. Hui (Ed.), *Dairy science and technology handbook* (pp. 59–157). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780813804033.ch16>
- PENNA, E. W. (1999). Desarrollo de alimentos para regimen es especiales. In R. H. . MORALES & M. V. TUDESCA (Eds.), *Optimizacion de formulaciones*. Curz de la Sierra, Bolivia.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (1985). *Sensory Evaluation Practices* (3rd ed.). Orlando: Academic Pres.
- Swagerty Jr, D. L., Walling, A. D., & Klein, R. M. (2002). Lactose intolerance. *American Family Physician*, 65(9), 1845–1850.
- Szilagyi, A. (2015). Adult lactose digestion status and effects on disease. *Canadian Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 29(3), 149–56. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4399375&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Trondsen, T., Braaten, T., Lund, E., & Eggen, A. E. (2004). Consumption of seafood - The influence of overweight and health beliefs. *Food Quality and Preference*, 15(4), 361–374. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00083-1)
- Valentin, D., Chollet, S., Lelièvre, M., & Abdi, H. (2012). Quick and dirty but still pretty good: A

review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(8), 1563–1578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03022.x>

Wanasundera, J. P. D., & Ravindran, G. (1994). Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46, 33–39.

WHO, W. H. O.-. (2017). Status of the health-related SDGs. In *World Health Statistics 2017: Monitoring health for the SDGs* (World Heal, pp. 29–35). Retrieved from http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2017/EN_WHS2017_Part2.pdf?ua=1

Tabela

Tabela 1 Alteração da aceitabilidade do sorvete de inhame da segunda sessão em relação à primeira sessão

	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
Desgostei extremamente	nd	nd		nd	nd
Desgostei muito	nd				
Desgostei moderadamente					
Desgostei ligeiramente					
Nem gostei/Nem desgostei					
Gostei ligeiramente					
Gostei moderadamente					
Gostei muito					
Gostei extremamente					

nd: não detectado

Aumento da aceitabilidade < 10%, 11-20%, 30-50%, 51-70 e 100%. Redução da aceitabilidade < 20%, 21-40%, 50-80% e 100%

Figuras

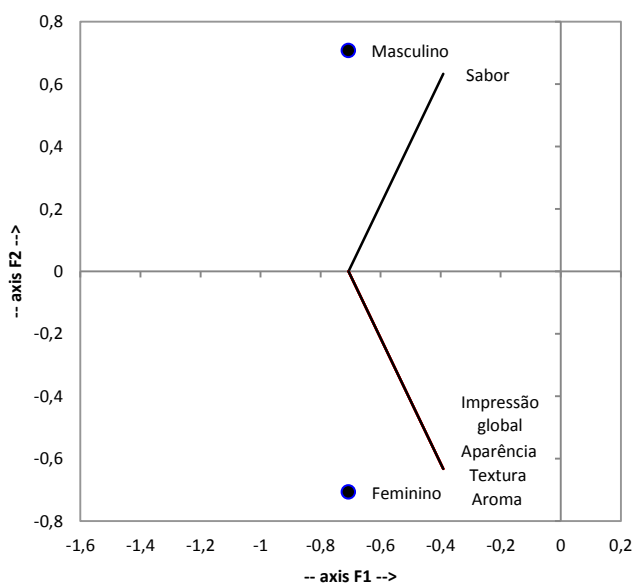


Figura 1 Influência do sexo na aceitabilidade do sorvete fermentado de inhame avaliado por Gabriel plot através análise de PCA.

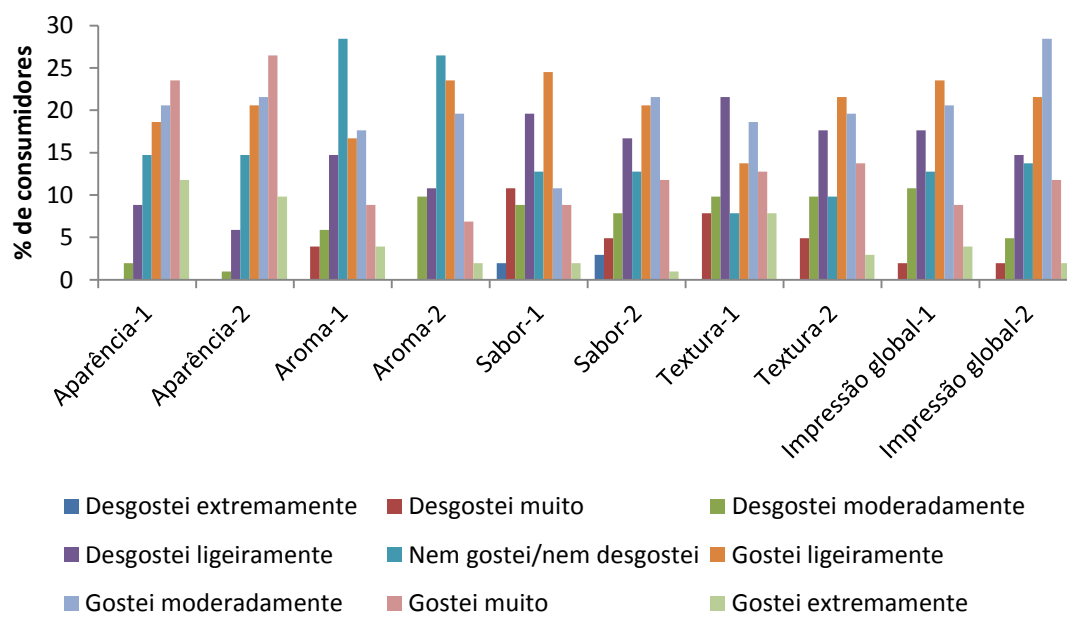


Figura 2 Aceitabilidade do sorvete fermentado para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global em ambas as sessões, sendo 1 referente a primeira sessão e o 2 referente a segunda sessão.

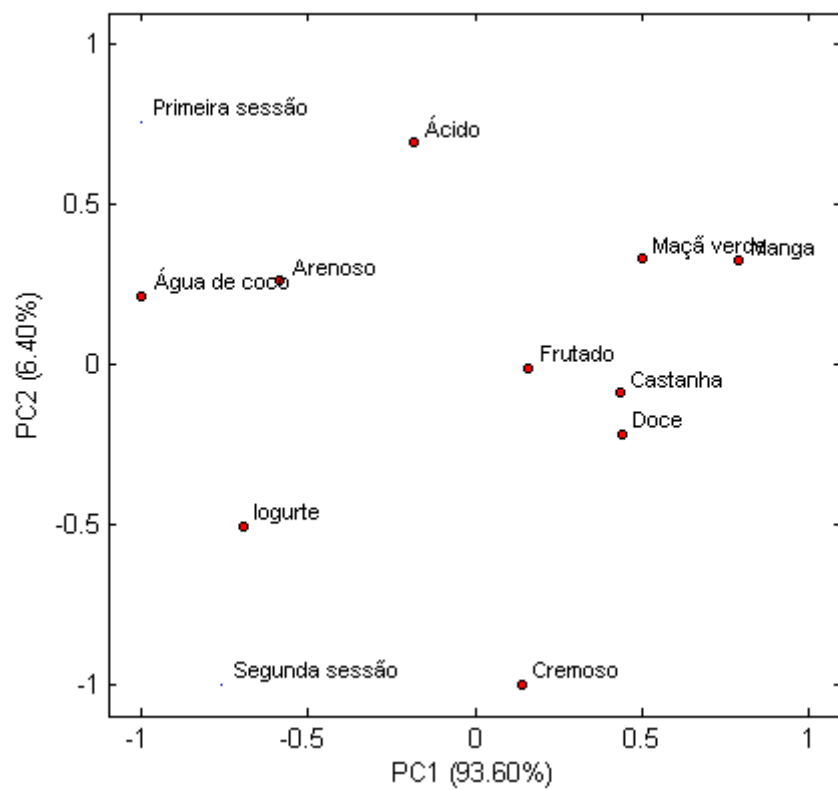


Figura 3 Atributos sensoriais avaliados em duas sessões através da análise dos componentes principais (PCA) do sorvete elaborado a partir da massa de inhame fermentado