



ÉLIDA DA CONCEIÇÃO JORGE

**CARACTERIZAÇÃO DE MORTADELAS
FORMULADAS COM EXTRATO E FARINHA
DE YACON (*Smallantus sonchifolius*)**

LAVRAS – MG

2014

ÉLIDA DA CONCEIÇÃO JORGE

**CARACTERIZAÇÃO DE MORTADELAS FORMULADAS COM
EXTRATO E FARINHA DE YACON (*Smallantus sonchifolius*)**

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.

Orientador

Dr. Eduardo Mendes Ramos

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Jorge, Élide da Conceição.

Caracterização de mortadelas formuladas com extrato e farinha de yacon (*Smallantus sonchifolius*) / Élide da Conceição Jorge. – Lavras : UFLA, 2014.

148 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Eduardo Mendes Ramos.

Bibliografia.

1. Frutoligossacarídeos. 2. Produto cárneo emulsionado. 3. Vida útil. 4. Carne mecanicamente separada. 5. Check all that apply. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.9296

ÉLIDA DA CONCEIÇÃO JORGE

**CARACTERIZAÇÃO DE MORTADELAS FORMULADAS COM
EXTRATO E FARINHA DE YACON (*Smallantus sonchifolius*)**

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 31 de outubro de 2014.

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos UFLA

Dra. Simone de Fátima Viana da Cunha UFOP

Dra. Soraia Vilela Borges UFLA

Dr. Paulo Rogério Fontes UFV

Dr. Eduardo Mendes Ramos

Orientador

LAVRAS – MG

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido o dom da vida e a virtude de conhecer o amor. À Maria Santíssima por passar na frente de todos os momentos da minha vida e a São José, protetor da minha família, por toda intercessão.

Aos meus queridos pais, Elma e Weliton, por serem os portadores do amor divino aqui na terra, por toda abdicção em prol dos estudos de seus filhos e por sempre nos acompanharem, apoiarem, acreditarem em nós, e se orgulharem, incondicionalmente.

Ao meu irmão, afilhado, compadre e amigo Welson, por ser meu exemplo de inteligência, dedicação e comprometimento na vida e no trabalho. À minha cunhada Andréa, meu sobrinho afilhado Vinícius e minha sobrinha Carol, por sempre estarem presentes nos principais momentos da vida, principalmente me dando suporte.

A toda minha família (Conceição e Jorge), avós, tios e tias, primos e primas, pelo amor, amizade, carinho, aconchego e pelas muitas orações.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), sobretudo ao Campus Nilo Peçanha – Pinheiral, por ter me concedido liberação total para minha capacitação. Especialmente aos ex-Diretores Gerais do Campus Nilo Peçanha Pinheiral, José Arimathéa, que aprovou minha liberação e Carlos Eduardo Menezes, que sempre me incentivou; aos meus amigos do NEaD Ana Luiza Santos, Davi Romeiro e Reginaldo Soares (atual Diretor Geral), que foram os primeiros a me incentivar nesse processo; aos meus queridos vizinhos e amigos da Família Silva (Marília, Jeferson e Arthur); aos meus amigos de todas as horas da Família Chaves Vargas (Daniela, André e Raul); à querida Família Santoro (Júlia, Luciano e Lucianinho) que sempre me acolheu com carinho; aos meus amigos queridos Eneida Vilela,

Adilson Estanhe, Izabel Freire, Julieta Romeiro, Gilmar e Marizete por todo carinho e amizade.

Aos meus eternos amigos da UFRRJ, da antiga EAFCO e do CANP; e a todos os meus queridos alunos que sempre me incentivaram a prosseguir.

À Tamara Naves, minha professora de Pilates, à nossa animada turminha (Eliane Amorim, Carla Corrêa, Gracinha, etc) e a todos os profissionais do Studio Corpore Lavras por todos os momentos de descontração e alívio de tensão.

Ao Sr. Paulo do prédio por todos os galhos quebrados.

Ao Grupo de Partilha de Profissionais São Benedito e ao Grupo de Oração Sal da Terra por todas as orações.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, por me proporcionarem esta experiência. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro à execução do projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao meu orientador Eduardo Mendes Ramos, pela oportunidade da orientação, por acreditar no meu trabalho e por estar sempre de portas abertas para sanar tantas dúvidas com maestria. À minha coorientadora Alcinéia Ramos por ter idealizado e me auxiliado na execução dos trabalhos científicos que me permitiram evoluir na vida acadêmica. Meu muito obrigada, com votos de muita saúde, sucesso e felicidades junto aos filhos Duda e Matheus.

À minha primeira orientadora, grande incentivadora, mãe profissional e eterna amiga, Soraia Vilela Borges, por ter me apresentado à vida acadêmica e me dado a grande oportunidade e o privilégio de ser sua primeira orientada de iniciação científica na UFRRJ, prosseguindo no mestrado, como também me incentivando ao doutorado na UFLA. Obrigada por sempre me impulsionar a seguir em frente nessa trajetória da vida.

À Professora Simone da Cunha (UFOP) e ao Professor Paulo Rogério Fontes (UFV) pela disponibilidade de participar da banca e por todas as ideias sugeridas para a melhoria do trabalho.

À Telma Brandão, pela companhia em muitas horas de sufoco e saudade, mas também de distrações e alegrias.

Ao Professor José Guilherme, pela ajuda com os gráficos de superfície de resposta e por ter, com sua esposa Olga e por intermédio da minha amiga Soraia Borges, me acolhido no ceio de sua linda e queridíssima família com seus filhos Mari e Pipe, me proporcionando momentos fraternos aos domingos, o dia em que a saudade de casa apertava.

Ao Núcleo de Estudos de Produtos de Origem Animal (NEPOA) pela ajuda na aplicação do questionário de pesquisa de mercado.

Aos meus colegas do DCA e da UFLA que sempre me ajudaram e me trataram com carinho: ao casal Tharcilla e Flávio Alvarenga; Jacyara Teixeira; ao casal Juciane Ribeiro e Michel de Angelis; Ana Paula Carvalho (Química) pela ajuda no *SensoMaker*; Diego Botrel, pela ajuda no DCCR; Aos colegas do laboratório de Cereais: Professora Joelma Pereira, Carina, Fausto, Luan, Raul, Janyelle por toda ajuda e incentivo em vários momentos; aos colegas do laboratório de Microbiologia: Professora Roberta Piccoli, Eliane, Vitor Tebaldi, Aline Martins (que me acompanhou nas análises microbiológicas), Glécia Aleixo (pelas lindas músicas cantadas), Luciana Siqueira, Nayane; às queridas Tina, Denise, Helô, Creusinha, Cidinha, Lucilene, não só por terem me ajudado em várias situações, mas pelo carinho; ao Professor Cleiton pela ajuda na utilização do Programa *SensoMaker*; ao Professor João de Deus pela ajuda na elaboração do questionário de pesquisa de mercado; à Ísis Amaral pela ajuda na liofilização; ao casal José Luiz e Ellem Contado; Leonardo Milani, Jorge Bispo, Cláudia Puerari, Dani Schabo pela amizade.

A todos do Labcarnes que me ajudaram nos processamentos e me proporcionaram inesquecíveis momentos fraternos: Abel Massingue (Abelito), Ana Alice (Garibas), Ana Paula Moura, Andressa Mendes (a que não bebe, que me ajudou muito nas análises estatísticas), Bruna Auriema (Aurita, que me ajudou muito nas análises laboratoriais), Cecília Morais e família (Cecis), Cristiane Ayala, Erika Rodrigues (Ketilúcia), Gabriela Barros (Gabis), Giselle Cardoso (pela ajuda no programa *Statistica*), Hewerton, Jeferson, Lethícia, Mariane, Robledinho Torres, Taís Rodrigues, família Coutinho (Lívia e Larinha), família Gomes (Ligiane, Loures, Maiara e Nicole), família Dutra Andrade (Monalisa, Cácio, Enzinho, por terem me acolhido desde a minha chegada a Lavras). Em especial aos meus amigos para toda vida, companheiros de RU ou fechando todos os restaurantes aos domingos, de lutas diárias, de muitas resenhas e muitas, muitas risadas: Carolina Aroeira (minha querida Super), Douglas Guimarães (Pombo Nildolino), Henrique Cazedey (moleque Brian), Ítalo Lima (meu amigo Barreiras). Sem vocês certamente não teria conseguido...

A todos os meus vizinhos, amigos de infância ou pessoas que passaram pela minha vida e que, de alguma forma, participaram deste trabalho ou fizeram parte da minha história, meus sinceros agradecimentos, pois...

... *“Posso esquecer as pessoas que um dia me fizeram mal, mas jamais esquecerei as que me fizeram um bem”*.

Élida da Conceição Jorge

*“Aqueles que passam por nós não vão sós,
deixam um pouco de si e levam um pouco de nós”.*

Saint Exupère

RESUMO GERAL

Objetivou-se desenvolver e caracterizar um produto emulsionado, tipo mortadela, utilizando frutoligossacarídeos (FOS) provenientes de farinha e extrato de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) com o intuito de diminuir os efeitos negativos da adição de carne mecanicamente separada (CMS) de ave e agregar valor nutritivo. Primeiramente, um delineamento composto central rotacional (DCCR) foi utilizado para avaliar os efeitos dos níveis da farinha de yacon (FY; 0 a 2,0%) e CMS (0 a 70,0%) na formulação das mortadelas. Níveis acima de 35% de CMS aumentaram linearmente a perda da estabilidade da emulsão cárnea, que não foi afetada pela adição de FY. No entanto, foi possível observar uma interação entre os efeitos da adição de CMS e FY sobre a adesividade das amostras de mortadelas, visto que as maiores concentrações de FY contribuíram para o aumento da adesividade, que foi reduzida em quantidades maiores de CMS. Sendo assim, as maiores concentrações estudadas para ambas as variáveis (2,0 e 70%, para FY e CMS, respectivamente) poderiam ser utilizadas na elaboração das mortadelas. A seguir foi conduzida uma caracterização sensorial pelo método “*check all that apply*” (CATA) de quatro (CONT = controle; EXT = 20% de extrato de yacon; FY2 = 20% de extrato de yacon + 2% de farinha de yacon; e FY4 = 20 % de extrato de yacon + 4% de farinha de yacon) mortadelas otimizadas no DCCR. O CATA identificou que a adição de FY influenciou negativamente a aceitação do produto devido à percepção da ‘cor amarronzada’, no entanto foi possível sugerir que a adição de extrato de yacon contribuiu para coloração ‘rosa clara’ e ‘sabor semelhantes às mortadelas de frango’, o que pode levar à maior aceitação de amostras contendo FOS. Por fim, avaliou-se a vida útil das mortadelas otimizadas (CONT, EXT, FY2 e FY4), sendo que a amostra FY2 apresentou menor ($P < 0,05$) média (1,75) de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), quando comparado às médias das demais amostras (1,96 a 2,35 mg de MDA.Kg⁻¹). Houve diminuição da luminosidade (L*) com a adição de FY, sendo maior o índice de amarelo (b*) para a amostra FY4. Além disso, observou-se um efeito ($P < 0,05$) positivo da adição de FY com relação à contagem de microrganismos psicotróficos no final de 30 dias de armazenamento. No geral, o estudo indicou a viabilidade tecnológica, sensorial e microbiológica do desenvolvimento de produtos cárneos emulsionados com a adição de extrato (20 %) e farinha (4%) de yacon para a produção de mortadelas, contribuindo para o desenvolvimento de um produto cárneo mais nutritivo, com boas características tecnológicas e microbiológicas.

Palavras-chave: Frutoligossacarídeos. Produto cárneo emulsionado. Vida útil. Carne mecanicamente separada (CMS). *Check all that apply* (CATA).

GENERAL ABSTRACT

This study was aimed to develop and characterize an emulsified product, type mortadella using fructooligosaccharides (FOS) from yacon flour extract (*Smallanthus sonchifolius*) in order to reduce the negative effects of the addition of mechanically deboned poultry meat (MDPM) and to aggregate nutritional value. First, a rotational central composite design (RCCD) was used to evaluate the levels effects of the yacon flour (YF; 0 to 2.0%) and MDPM (0 to 70.0%) in the mortadella formulation. Levels above 35% MDPM linearly increased the loss of stability of flesh emulsion, which was not affected by the addition of YF. However, it was possible to observe an interaction among the effects of adding MDPM and YF on the adhesiveness of the mortadella samples, whereas higher YF concentrations contributing to increasing adhesiveness, which was reduced by greater amounts of MDPM. Thus, the highest concentrations studied for both variables (2.0 and 70% to YF and MDPM, respectively) should be used in mortadella formulation. Next, it was conducted a sensory characterization by the method “*check all that apply*” (CATA) of four (CONT = control; EXT = 20 % of yacon extract; YF2 = 20 % of yacon extract + 2% of yacon flour; and YF4 = 20 % of yacon extract + 4% of yacon flour) mortadella optimized in the RCCD. The CATA has identified that the addition of YF negatively influenced the acceptance of the product due to the perception of 'brownish color', however it was possible to suggest that the addition of yacon extract contributed to 'light pink color' and 'taste similar to chicken mortadella', which may lead to greater acceptance of samples containing FOS. Finally, it was evaluated the shelf life of the mortadella optimized (CONT, EXT, YF2 and YF4), being the sample YF2 had lower ($P < 0.05$) average (1.75) of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) when compared to the averages of other samples (1.96 to 2.35 mg MDA. Kg⁻¹). There were luminosity reduction (L^*) with the addition of YF, being higher yellow index (b^*) for the sample YF4. Furthermore, there was a positive effect ($P < 0.05$) of adding YF in relation to count microorganisms psychrotrophic at the end of 30 days of storage. In general, the study indicated the technological, sensorial and microbiological viability of development emulsified meat products with the addition of yacon extract (100%) and flour (4%) for producing mortadella product, contributing to the development a more nutritious meat product with good technological and microbiological characteristics.

Keywords: Fructooligosaccharides. Emulsified meat product. Shelf life. Mechanically Deboned Poultry Meat (MDPM). *Check all that apply* (CATA).

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Representação da estrutura química dos frutanos29
Figura 2 Estrutura química de 1 – kestose, o FOS mais simples (2 moléculas de frutose)30

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figura 1 Superfícies de resposta para os valores de umidade (1A), atividade de água (1B) e nitrito residual - NO₂R (1C) das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY) 74
Figura 2 Superfície de resposta para os valores de luminosidade - L* (2A) e do ângulo de tonalidade - h* (2B) das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)80
Figura 3 Superfície de resposta para os valores no adesividade das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)83

ARTIGO 2

- Figura 1 Ilustrações das amostras de mortadelas. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C *: índice de saturação; h *: ângulo de tonalidade. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05) 106
Figura 2 Análise de componentes principais (PCA) das médias das análises de caracterização tecnológica das amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% 107

- Figura 3 Mapa de preferência interno Tri-plot (PARAFAC) para aparência, sabor e textura das amostras de mortadela com base nas pontuações dos provadores no teste de aceitação. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon 109
- Figura 4 Mapa de preferência externo (MPE) obtido a partir dos termos sensoriais do questionário *Check-all-that-apply* (CATA) na matriz de correlação com impressão geral do consumidor para as amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon 113
- Figura 5 Análise de componentes principais (PCA) das médias da análise instrumental de cor (CIELAB) e dos termos sensoriais para a cor do questionário *Check-all-that-apply* (CATA) para as amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C*: índice de saturação; h *: ângulo de tonalidade 117
- Figura 6 Análise de componentes principais (PCA) das médias da análise do perfil de textura (TPA) e dos termos sensoriais para textura do questionário *Check-all-that-apply* (CATA) para as amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C*: índice de saturação; h *: ângulo de tonalidade 119

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1	Níveis de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY) de acordo com o delineamento experimental.....	59
Tabela 2	Coefficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para a composição centesimal e teor de cálcio de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY) .	71
Tabela 3	Coefficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para os valores de pH, atividade de água (Aw) e nitrito residual (NO ₂ R) de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)	73
Tabela 4	Coefficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para os parâmetros de cor instrumental de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)	78
Tabela 5	Coefficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para parâmetros de textura de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)	82

ARTIGO 2

Tabela 1	Médias (\pm desvio padrão) das características tecnológicas das amostras de mortadelas analisadas.....	105
Tabela 2	Médias (\pm desvio padrão) das notas ¹ do teste de aceitação para as amostras de mortadelas	108
Tabela 3	Termos sugeridos para cada atributo sensorial durante a primeira fase das questões do <i>Check-all-that-apply</i> (CATA).....	112

ARTIGO 3

Tabela 1	Médias do grau de oxidação lipídica (mg de MDA.kg ⁻¹) durante a vida útil das mortadelas.....	136
Tabela 2	Médias dos índices de cor objetiva de mortadelas fatiadas armazenadas a 4°C	137

Tabela 3	Médias das populações dos grupos microbianos monitorados para as amostras de mortadelas fatiadas nos dias 0, 15 e 30 de armazenamento a 4°C.....	140
----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	16
1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Produtos cárneos emulsionados	19
2.2	Aproveitamento de carne mecanicamente separada (CMS) de aves em produtos cárneos	20
2.3	Produtos funcionais	22
2.3.1	Utilização de ingredientes funcionais em produtos cárneos	23
2.4	Produção e importância do yacon	24
2.4.1	Características e composição química do yacon	26
2.4.2	Yacon como fonte nutricional de frutoligosacarídeos e inulina	28
2.5	Análise sensorial de alimentos	34
	REFERÊNCIAS	40
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	51
	ARTIGO 1 Efeitos da adição de carne mecanicamente separada de frango e de farinha de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) na qualidade de mortadelas	51
	ARTIGO 2 Avaliação tecnológica e sensorial pelo método check-all-that-apply de mortadelas formuladas com extrato e farinha de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	93
	ARTIGO 3 Alterações na qualidade de mortadelas fatiadas formuladas com farinha e extrato de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	126
	CONCLUSÃO GERAL	148

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje a preocupação com a saúde é um assunto que está em desenvolvimento nas pesquisas na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, gerando bases científicas que comprovam a viabilidade das alegações das propriedades funcionais de vários produtos, o que, conseqüentemente, aumenta o interesse da população em consumir alimentos funcionais.

Devido às mudanças com relação à dieta, à luta contra a obesidade e ao aumento das doenças cardiovasculares, que geralmente estão relacionadas ao consumo direto de gorduras na alimentação, a indústria cárnea está procurando atender às exigências dos consumidores, gerando produtos mais nutritivos, mais ricos em fibras e com menores teores de gordura, açúcar e sal.

Apesar de serem pobres em fibras, os produtos cárneos desempenham importante papel na saúde humana, pois possuem baixo teor de carboidratos, são ricos em proteínas e são uma importante fonte de ferro. A mortadela, por exemplo, se destaca pela sua praticidade, pelo seu sabor condimentado característico, bem como pelo seu preço relativamente acessível para todas as classes sociais.

No entanto, para diminuir custos da produção de derivados cárneos como mortadelas e salsichas, o uso de carne mecanicamente separada de frango (CMS) como matéria-prima é uma prática comum no processamento, possibilitando a agregação de valor, pelo fato de ser oriunda do aproveitamento de carcaças de aves.

A legislação brasileira aprova a adição de até 60% de CMS em produtos emulsionados, como as mortadelas, porém a adição desse componente pode resultar em efeitos negativos sobre a qualidade dos produtos cárneos,

diminuindo o rendimento e prejudicando a cor e a textura do produto final, devido às perdas de qualidade geradas pelo processo mecânico de retirada da carne do osso.

Nesse contexto, estudos envolvendo a adição de ingredientes e alimentos funcionais estão sendo conduzidos no intuito de minimizar os efeitos negativos gerados pela adição da CMS em produtos cárneos, pois comprovadamente, possuem a capacidade de melhorar as propriedades de ligação com a água, além de contribuir para o enriquecimento de compostos bioativos capazes de atuar no organismo, produzindo efeitos metabólicos benéficos à saúde humana, como fortalecimento da resposta imune, melhora da absorção de cálcio, redução de níveis de colesterol e triglicérides e inibição da produção de toxinas e substâncias pró- cancerígenas no cólon.

Um exemplo de alimento funcional que tem se revelado promissor no desenvolvimento de produtos ricos em fibras é o yacon (*Smallanthus soncifollius*), uma planta perene da família das Asteraceae que foi gradualmente recebendo maior atenção por apresentar em sua composição um conteúdo abundante de frutoligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos, como também pela viabilidade de sua utilização tanto *in natura* quanto na forma de polpas, extratos e farinha.

Tanto o extrato quanto a farinha de yacon vêm sendo utilizados como ingredientes em alimentos processados, podendo melhorar sua qualidade tecnológica como também gerar produtos mais nutritivos, com menor teor de gordura e reduzido valor calórico. O desenvolvimento de um emulsionado cárneo, tipo mortadela com extrato ou farinha de yacon pode contribuir para obtenção de um produto de fácil consumo, funcionalidade fisiológica e com grande potencial de mercado.

No entanto, apesar da possibilidade de minimizar problemas tecnológicos causados pela adição de CMS e de aumentar a qualidade nutritiva

dos produtos cárneos, o uso da farinha de yacon pode gerar problemas sensoriais, contribuindo negativamente para a aceitação dessas amostras, principalmente nos parâmetros de aparência do produto, que são fatores fundamentais para assegurar o produto no mercado. Sendo assim, nos últimos anos, vários estudos defendem a necessidade da tendência das empresas para incentivar a participação e envolvimento do consumidor em testes sensoriais para prever o comportamento real do mercado e para o desenvolvimento de novos produtos.

Nesse sentido, a metodologia do CATA vem se destacando como um procedimento simples e rápido para a percepção dos principais termos sensoriais que podem contribuir para diferenciar produtos específicos, podendo também ser utilizada para análises de produtos cárneos emulsionados.

O objetivo neste estudo foi produzir extrato e farinha de yacon a partir das raízes; determinar a composição centesimal do extrato e da farinha de yacon; utilizar um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) para otimizar o processamento de mortadelas elaboradas com extrato de yacon, farinha de yacon e carne mecanicamente separada de aves (CMS); desenvolver e caracterizar por meio de análises físicas, químicas e sensoriais (utilizando o método “*Check-all-that-apply*” - CATA) um produto emulsionado, tipo mortadela, com ingredientes funcionais, como FOS provenientes do extrato e da farinha de yacon, sem contudo alterar suas características tradicionais; analisar a vida útil de mortadelas com adição de extrato e farinha de yacon por meio do acompanhamento de oxidação lipídica, mudança de cor e crescimento microbiano em trinta dias de armazenamento refrigerado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produtos cárneos emulsionados

O Brasil é o terceiro maior produtor e quarto maior exportador de carne suína e de produtos processados do mundo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS, 2013), além de possuir a terceira maior produção de carcaças de frango (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA, 2013). Além disso, ainda há uma expectativa para o aumento da produção e da exportação da carne suína e produtos derivados devido, principalmente, ao avanço da tecnologia, ao aumento da produção de grãos e ao ingresso de novas indústrias no seguimento.

Segundo o relatório anual da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína - ABIPECS, entre os principais embutidos derivados de carne suína, destaca-se a mortadela como a terceira grande campeã de vendas, com cerca de 208 mil toneladas comercializadas em 2010, perdendo apenas para a linguiça e salsicha (ABIPECS, 2013).

Notadamente, as mortadelas são produtos cárneos versáteis e podem ser usadas como lanches, fazer parte de pratos salgados ou mesmo servidas como aperitivos na forma fatiada, moída ou em cubos. A legislação brasileira (BRASIL, 2000) define a mortadela como um produto cárneo industrializado obtido de uma emulsão das carnes de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionado ou não de toucinho, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial de diferentes formas, submetido ao tratamento térmico adequado, defumado ou não. E para diminuir os custos de produção de produtos cárneos como as mortadelas, a legislação também permite o uso de carne mecanicamente separada de aves, bovinos e suínos.

2.2 Aproveitamento de carne mecanicamente separada (CMS) de aves em produtos cárneos

Além de diminuir custos de produção de produtos cárneos, o processo mecânico de obtenção da carne mecanicamente separada (CMS) de aves confere um melhor aproveitamento das carcaças de aves, utilizando matérias-primas consideradas de baixa qualidade como dorso, pescoço e ossos de peito de aves (FRONING, 1981; PEREIRA et al., 2011).

De acordo com a legislação brasileira, entende-se por CMS a carne obtida por processo mecânico de moagem e separação de ossos de animais de açougue, destinada à elaboração de produtos cárneos específicos, sendo permitida sua adição de até 60% em produtos emulsionados, como as mortadelas sem denominação, de 40% para mortadelas de ave e de 20% para mortadelas tipo Bologna (BRASIL, 2000), apesar de alguns estudos apontarem que mortadelas com adição de até 100% de CMS podem ser produtos aceitáveis (BERAQUET; GALVÃO; SILVA, 1992).

Em seus estudos, Trindade, Contreras e Felício (2005), não identificaram influência dos níveis de até 100% de substituição da carne bovina e toucinho suíno por CMS na produção de mortadelas, porém sugerem que a substituição seja de no máximo 40%. Por outro lado, Oliveira (1988), produziu salsichas com até 50% de CMS e concluiu que embora tenham tido maior aceitação que produtos com menores quantidades de CMS, foram mais suscetíveis à oxidação.

Isso se justifica porque alterações químicas e estruturais podem ocorrer durante a separação mecânica da CMS, ocasionando o desenvolvimento de aromas indesejáveis de ranço e a perda da cor vermelha característica de produtos cárneos devido à oxidação lipídica e de pigmentos, diminuindo sua

estabilidade durante o armazenamento (TRINDADE; CASTILHO; FELÍCIO, 2006).

Resultados divergentes foram observados nos estudos de Pereira et al. (2011), que ao avaliarem os efeitos da adição de CMS e fibras de colágeno em salsichas identificaram que a adição de maiores níveis de CMS resultou em maiores perdas por cozimento e na intensificação da cor vermelha e redução de L^* , causando o escurecimento do produto.

Além de alterações na cor e na oxidação lipídica, a adição de CMS também pode causar outros efeitos negativos, principalmente na textura dos produtos emulsionados. Isso se justifica porque apesar de apresentar no mínimo 12 % de proteínas na sua composição, a proporção da proteína miofibrilar, principalmente da miosina, que é a proteína miofibrilar responsável pela coesão dos produtos cominuídos, como as salsichas e mortadelas, e é danificada durante a técnica de retirada da carne do osso, diminuindo sua funcionalidade (FRONING, 1981; PEREIRA et al., 2011).

A adição de CMS pode provocar ligeira redução nos valores de dureza, diminuição da coesão, diminuição do teor de proteínas e aumento de umidade. Por sua vez, esses dois últimos tendem a resultar na redução dos valores de coesividade, porque afetam a capacidade de emulsificação da formulação (CREHAN et al., 2000).

Além disso, os estudos de Trindade, Contreras e Felício (2005) mostraram que apesar da tendência mais elevada para a aceitação das amostras de mortadelas com percentuais mais baixos de CMS, a aceitação global das amostras com até 80% de CMS ainda estaria no limite aceitável. No entanto, indicaram que um dos fatores limitantes para a aceitação de mortadelas contendo 60% ou mais de CMS seria a percepção de partículas de ossos. De acordo com Grunden e Macneil (1973), essas partículas são formadas a partir dos ossos dos frangos, que se quebram durante o processo de trituração, devido aos seus

elevados níveis de calcificação e passam através das ranhuras da máquina, sendo incorporados na CMS.

Pereira et al. (2011) indicam que as consequências do uso de CMS, especialmente em grandes quantidades devem ser avaliadas. Nesse sentido, estudos apontam que é possível substituir a gordura por ingredientes de origem vegetal, como proteínas de soja (SOFOS; ALLEN, 1977), óleos vegetais (BLOUKAS; PANERAS; PAPADIMA, 1997; MUGUERZA et al., 2002) e carboidratos (NOWAK et al., 2007) sem efeitos adversos sobre as características tecnológicas.

2.3 Produtos funcionais

A legislação brasileira está em um processo contínuo e dinâmico de reavaliação e atualização à luz de novos conhecimentos científicos, visando proteger o consumidor quanto ao entendimento das informações de propriedades veiculadas nos rótulos dos alimentos.

A alegação de propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. Ácidos graxos, carotenoides, fibras, fitoesteróis, polióis e probióticos, são alguns dos alimentos com comprovadas alegações funcionais registrados no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 1999).

Atualmente, pela legislação (ANVISA, 2012) um alimento considerado fonte de fibras, precisa ter pelo menos 3g de fibras por 100g em prato preparado, conforme o caso, ou 2,5g de fibras por porção. Entre as fibras alimentares que contribuem para o equilíbrio da flora intestinal, os frutoligossacarídeos (FOS) e a inulina se destacam como prebióticos, não digeríveis e fermentáveis, cuja função é mudar a atividade e a composição da microbiota intestinal, estimulando

o crescimento dos grupos endógenos de população microbiana, tais como as *Bifidobactérias* e *Lactobacillos*, promovendo a saúde do hospedeiro (MORAES; COLLA, 2006).

No entanto, além dos benefícios para a saúde humana, há uma tendência do aumento da adição das fibras em produtos cárneos por razões tecnológicas (VENDRELL-PASCUAS; CASTELLOTE-BARGALLO; LOPEZ-SABATER, 2000).

2.3.1 Utilização de ingredientes funcionais em produtos cárneos

Nos últimos anos, o foco para o uso de alimentos que promovem um estado de bem-estar, melhoria da saúde e redução do risco de doenças tem aumentado (SANGEETHA; RAMESH; PRAPULLA, 2005). Novos desenvolvimentos na ciência da nutrição, nos processos tecnológicos e na demanda dos consumidores modernos por alimentos menos calóricos estão ocorrendo (HANDA; GOOMER; SIDDHU, 2011; MACAULAY; PERTERSEN; SHANK, 2004). Juntamente a isso, o reconhecimento recente dos efeitos do yacon, também levou ao desenvolvimento de atividades comerciais em torno do seu cultivo (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

Os FOS estão sendo utilizados como ingredientes alimentares e têm sido reportados por possuírem efeitos significativos como fibras alimentares (HOEBRIGS, 1997). Esses compostos apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose, são pouco calóricos, têm solubilidade maior que a da sacarose, não cristalizam, não precipitam e nem deixam sensação de areia ou seca na boca. Por esse motivo, alguns estudos destacam que os FOS têm potencial para serem aplicados principalmente como substitutos parciais da sacarose (BORNET, 1994; COUSSEMENT, 1999; HANDA; GOOMER; SIDDHU, 2011; YUN, 1996).

Teixeira (2011) afirmou ter desenvolvido um conceito inovador em seus estudos utilizando a adição de farinha e extrato de yacon, na produção de apresentados, e concluiu que apesar do uso de maiores concentrações de farinha de yacon ter influenciado negativamente a aceitação sensorial, houve uma viabilidade na obtenção de um produto com melhor valor funcional.

2.4 Produção e importância do yacon

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), anteriormente conhecido como *Polymnia sonchifolia* ou *Polymnia edulis*, é uma planta da família das Asteraceas, originada das regiões andinas, que possui órgãos subterrâneos de reserva, os rizóforos, que são órgãos de reprodução, e raízes tuberosas, os vegetais comestíveis (SANTANA; CARDOSO, 2008).

Seu consumo foi negligenciado até meados dos anos 80, já que não representava um alimento que fornecia energia suficiente para o trabalho árduo realizado nas regiões andinas. Porém, logo depois foram descobertas peculiaridades em sua composição química que poderiam ser benéficas à saúde humana (GRAU et al., 2011; SANTANA; CARDOSO, 2008).

A planta é perene e herbácea, podendo medir de 1 a 2,5 m de altura, alcançando maturidade fisiológica entre 6 e 10 meses e colheita de 10 a 12 meses pós-plantio. Os tubérculos são conhecidos entre os pesquisadores e cultivadores como “batata do diabético” e em outros países como “*poire de terre*”, na França, e “*yacon strawberry*”, nos Estados Unidos (GRAU; REA, 1997; SAMPAIO et al., 2012; SANTANA; CARDOSO, 2008).

Tradicionalmente, as raízes são ingeridas cruas, sendo muito crocantes, pois acumulam água e possuem gosto doce, inclusive seu sabor e textura são descritos como uma combinação de maçã e melancia (SANTANA; CARDOSO, 2008; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

Há relatos de que as primeiras representações da planta de yacon foram encontradas em jazidas arqueológicas em Nazca, que datam de 500 e 1200 a.C., sendo que o primeiro registro, datado em 1615, foi feito em uma lista com 55 cultivares de culturas andinas nativas (GRAU; REA, 1997; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

O yacon é descrito como uma planta que resiste a vários dias de transporte marítimo (GRAU; REA, 1997). Alguns estudos indicam que a Segunda Guerra Mundial terminou com seu cultivo na Itália, mas que a planta se espalhou para outros países da Europa em pequena escala. Na República Checa, seu cultivo tem crescido e sido estudado desde 1994 (FERNÁNDEZ et al., 2006).

Estima-se que da Nova Zelândia o yacon tenha sido introduzido no Japão, onde ganhou fama pela diminuição da glicose no sangue e depois para a Coreia. Acredita-se também que foi introduzido no Brasil por volta de 1989, através de mudas do Japão, porém apenas em 1994 iniciaram-se os primeiros cultivos comerciais, e tem sido cultivado por agricultores orgânicos para comercialização como produto medicinal (ANGULO, 2001; VILHENA; CAMARA; KAKIHARA, 2000; ZARDINI, 1991). No Brasil, a cultura está sendo bastante comercializada no Estado de São Paulo (GRAU; REA, 1997).

O cultivo do yacon gera vantagens tanto para produtores, quanto para o meio ambiente, já que a planta é rústica e resiste bem à seca, adaptando-se a diferentes tipos de condições climáticas, altitude e solo, além do rendimento/tonelada de sua raiz no campo ser considerado muito superior a outras fontes atuais de frutoligossacarídeos – FOS (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011; SANTANA; CARDOSO, 2008). Esses fatores fazem com que o yacon possa ser explorado por pessoas de diferentes níveis sociais.

Além dos tubérculos, as folhas do yacon também têm sido estudadas e há relatos de efeitos hipoglicemiantes e antimicrobiano (AYBAR et al., 2001).

Ácidos fenólicos, óleos essenciais e compostos antifúngicos são alguns componentes identificados nas folhas da planta de yacon, que são utilizadas tanto *in natura* como desidratadas, na forma de chá, contra diabetes (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011).

Os tubérculos também são consumidos *in natura*, cozidos ou desidratados (VILHENA; CAMARA; KAKIHARA, 2000). Na região andina a raiz é usada como fruta, sendo geralmente consumida crua (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003), mas há relatos que nos supermercados do Peru também é vendida como suco, purê, misturado com limão ou laranja. Na Europa pode ser encontrada em calda ou fatias desidratadas (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011).

No Japão e no Brasil podem ser encontradas fatias de tubérculos desidratados, farinha e xarope de yacon (HERMANN; FREIRE; PAZOS, 1997). O extrato, xarope ou a farinha podem ser utilizados como ingredientes na formulação de outros produtos processados (GRANATO et al., 2011; TEIXEIRA, 2011).

Ainda existem controvérsias em relação ao tipo de carboidrato predominante nas raízes de yacon, porém, diferentemente da maioria dos tubérculos e raízes que armazenam carboidratos na forma de amido, o yacon armazena essencialmente inulina e frutoligossacarídeos – FOS (CASTRO et al., 2013) e são considerados compostos bioativos na alimentação humana (ALFARO; MELGAREJO, 2005; SANTANA; CARDOSO, 2008).

2.4.1 Características e composição química do yacon

Com relação aos açúcares, de uma forma geral, a composição do yacon varia em função de fatores como a cultivar, a época de cultivo e de colheita, o

tempo e a temperatura pós-colheita (SEMINARIO; VALDERRAMA; MARINQUE, 2003).

Quando colhidas, as raízes de yacon tendem a apresentar sabor amiláceo. Diferentes estudos têm demonstrado que logo após a colheita há um rápido processo de mudança na composição química dos açúcares, que tendem a despolimerizar imediatamente, hidrolisando os FOS a açúcares simples, como frutose, sacarose e glicose (GRAEFE et al., 2004; NARAI-KANAYAMA; TOKITA; ASO, 2007).

Oliveira e Nishimoto (2004) relatam que a melhor época de colheita do yacon é entre a 31^a e 35^a semana após o plantio, pois durante essas semanas os teores de Brix e peso médio de raízes são mais elevados, ocorrendo uma maior quantidade de oligofrutanos. Em adição a isso, Alvarez et al. (2008) relatam que as quantidades de inulina em raízes podem, de alguma forma, também estar relacionadas à qualidade do solo e das condições ambientais.

Logo após a colheita, as raízes são expostas à luz solar, a fim de incrementar seu sabor doce, técnica conhecida como *sombreado* ou *soleado*. Essa é uma prática tradicional bastante utilizada para a comercialização do yacon, em que as raízes se tornam mais adocicadas devido à sua desidratação, havendo perda de 40% de seu peso fresco e onde uma parte dos FOS se converte em açúcares simples. Como consequência da desidratação, as raízes perdem peso e adquirem aparência rugosa, que as deixam menos atrativas ao consumidor (BALCÁZAR-MUÑOZ; MARTÍNEZ-ABUNDIS; GONZÁLEZ-ORTIZ, 2003; GRAU; REA, 1997). Em adição a isso, Graefe et al. (2004) também afirmam que após uma semana de armazenamento à temperatura ambiente, cerca de 30 a 40% dos FOS terão sido transformados em açúcares simples.

Sendo assim, a melhor forma de consumir o yacon seria o recém-colhido (GRAEFE et al., 2004) ou colocá-lo imediatamente em local escuro, seco e fresco (GRAU; REA, 1997). No entanto, estudos destacam que a velocidade

dessa conversão é mais lenta se o yacon for armazenado em temperaturas de refrigeração (NARAI-KANAYAMA; TOKITA; ASO, 2007; RIVERA; MARINQUE, 2005).

Além disso, as maiores temperaturas durante o dia em locais de menores altitudes observadas durante os experimentos de Graefe et al. (2004) sugerem que a atividade enzimática pode favorecer a degradação mais rápida dos FOS. Por esses motivos, os autores sugerem que as raízes destinadas ao comércio como fruta, que exige um gosto bom, mas não necessariamente uma alta concentração de FOS, podem ser armazenadas à sombra por algumas semanas, aumentando assim a doçura.

De modo geral, o teor de umidade dos tubérculos é bastante alto (acima de 80%), fato que justifica as raízes do yacon terem sido inicialmente consideradas fontes alimentares aquosas para os camponeses que trabalhavam nas lavouras andinas (GRAU et al., 2011; SANTANA; CARDOSO, 2008).

2.4.2 Yacon como fonte nutricional de frutoligossacarídeos e inulina

A inulina que está presente no yacon pode ser utilizada como substituto da gordura e reduzir o conteúdo de energia de duas formas: por um lado, através da substituição da gordura de alto valor calórico por um componente não digerível pelo organismo, e por outro, porque parece melhorar a regulação do apetite, estimulando a secreção de um peptídeo gastrointestinal, podendo, portanto, ajudar na redução da adiposidade corporal (DELZENNE; ROBERFROID, 1994; NOWAK et al., 2007).

Segundo Fortes (2005), a ingestão de 20g/dia de inulina é bem tolerada em indivíduos saudáveis, porém, quando consumidos em quantidades superiores a 30g/dia pode ocorrer diarreia, flatulência excessiva, pressão e ruídos intestinais elevados.

Além disso, os tubérculos de yacon têm despertado interesses por ser determinado como fonte vegetal com maior conteúdo de FOS (um tipo particular de frutanos), açúcares que têm reduzido conteúdo calórico (entre 25 a 35 % de calorias em relação aos carboidratos comuns) e promovem benefícios para o trato intestinal (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005). Os frutanos (Figura 1) são carboidratos de reserva constituídos de uma ou mais (até 70) unidades de frutose, ligadas (GFn) ou não (Fn) a uma molécula de sacarose. Podem apresentar uma estrutura linear ou ramificada, com moléculas unidas por ligações frutossil-frutose do tipo β (2 \rightarrow 6), vistas em frutanos do tipo levano, ou ligações β (2 \rightarrow 1), encontradas em frutanos do tipo inulina (CARABIN; FLAMM, 1999; CUMMINGS et al., 1997; DELZENNE; ROBERFROID, 1994; ROBERFROID; DELZENNE, 1998).

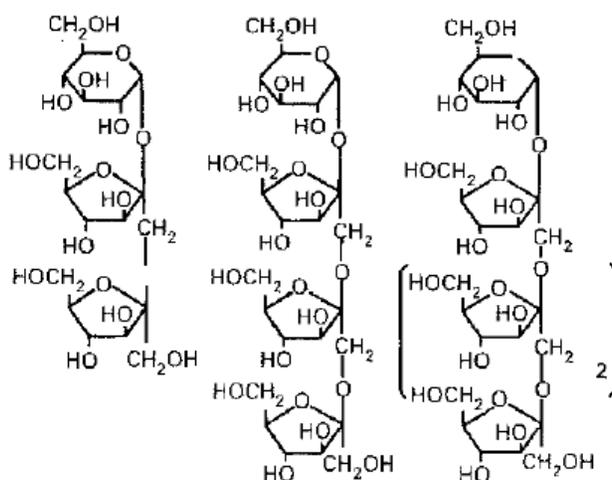


Figura 1 Representação da estrutura química dos frutanos

Fonte: Ohta et al. (1996)

Os frutoligosacarídeos (FOS) são carboidratos de reserva que existem em várias espécies de plantas, porém estão presentes em grandes quantidades no

yacon. A característica principal de sua estrutura química (Figura 2) é que são constituídos por uma molécula de glicose ligada a um número variável de moléculas de frutose (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; RIVERA; MARINQUE, 2005).

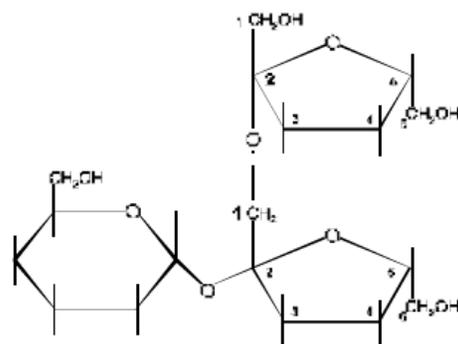


Figura 2 Estrutura química de 1 – kestose, o FOS mais simples (2 moléculas de frutose)

Fonte: Rivera; Marinque (2005)

A diferença entre os FOS e a inulina reside no número de moléculas de frutose da cadeia. Na inulina, esse número varia entre 2 e 60, enquanto que nos FOS, que apresentam cadeias menores, o número varia de 2 e 10, sendo considerados como um subgrupo da inulina, motivo pelo qual alguns autores preferem empregar o termo frutoligossacarídeos de tipo inulina para referir-se com maior precisão à sua natureza (SEMINARIO; VALDERRAMA; MARINQUE, 2003). Eles não são degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, mas podem ser hidrolisados em frutose, em condições muito ácidas e em exposição prolongadas ao binômio tempo/temperatura (BORNET, 1994; YUN, 1996).

Muitos dos efeitos benéficos relatados sobre o consumo de yacon também resulta da presença de compostos como FOS, ácido clorogênico, L-triptofano, ésteres de ácido cafeico, ácido ferúlico e óleos essenciais que já

foram isolados e identificados nas raízes, fazendo com que além do uso como alimento, o yacon também seja conhecido como uma planta medicinal (ADAM et al., 2005; OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011). Por outro lado, Genta et al. (2009) atribuem as vantagens do consumo de yacon à capacidade do FOS de resistir à hidrólise de enzimas na parte superior do trato gastrointestinal humano, o que confere um baixo valor calórico (DELZENNE; ROBERFROID, 1994). Porém, para obtenção da eficiência dos FOS no intestino, Yun (1996) indica ser necessária a administração de 8g de FOS/ dia para um indivíduo adulto. Segundo Pedreschi et al. (2003), o yacon é fermentado no cólon por um grupo de bactérias benéficas (*Bifidus e Lactobacillus*) que fazem parte da microflora intestinal, melhorando a função do intestino.

Alguns estudos relatam que esse potencial está relacionado à elevada quantidade de FOS (CASTRO et al., 2013), visto que essas raízes tuberosas acumulam cerca de 10% de seu peso fresco em oligossacarídeos do tipo inulina, mas também ao baixo teor de outros carboidratos como frutose, glicose e sacarose no xarope de yacon (NARAI-KANAYAMA; TOKITA; ASO, 2007).

Segundo Castro et al. (2013), a medição de frutanos do tipo inulina é importante para evitar a subestimação do teor de FA em alimentos como yacon. Alguns estudos entendem que os valores de FAT determinados pelo método enzimático gravimétrico não expressam o valor real do conteúdo de fibras, justificando que os oligossacarídeos e a inulina, que são fibras solúveis, não seriam determinados adequadamente (HOEBRIGS, 1997; SANGEETHA; RAMESH; PRAPULLA, 2005; SIMONOVSKA, 2000).

No entanto, Vasconcelos et al. (2010) afirmam que os métodos enzimático-gravimétricos são considerados os mais apropriados para análises rotineiras de FA, contudo confirmam que esses são ineficazes para determinação de oligossacarídeos com grau de polimerização menor do que 12, como os que ocorrem no yacon, realçando a necessidade de efetuar métodos complementares,

como Cromatografia Líquida e Alta Eficiência - HPLC, para quantificar com exatidão o teor de fibra alimentar dessa raiz.

Outros benefícios dos FOS relatados na literatura são: redução do índice glicêmico (SILVA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2009); aumento da sensação de saciedade; modulação da produção de peptídeos gastrintestinais como a proteína semelhante ao glucagon 1 (GLP-1) que retarda o esvaziamento gástrico, consequentemente regulando a ingestão de alimentos e aumento da secreção de insulina (DELZENNE et al., 2005; ROSA et al., 2009).

Genta et al. (2009) relatam que ainda existem poucas pesquisas clínicas sobre os efeitos benéficos do xarope de yacon na saúde humana e sobre sua segurança, seus estudos relataram que um consumo diário de 0,14g FOS/kg de peso corporal pode ser tolerado, sem efeitos adversos. Contudo, um consumo de 0,29g/kg de peso corporal diariamente, pode causar efeitos colaterais gastrintestinais indesejáveis, tais como distensão abdominal e flatulência.

Os estudos de Pereira et al. (2009) demonstraram que a adição de farinha e extrato de yacon nas rações foi capaz de diminuir gradativamente a glicemia do grupo de ratos diabéticos, mas não em animais normais. Além disso, trouxe benefícios para a microbiota intestinal, o que segundo os autores, indica um dos efeitos prebióticos dos FOS contidos no yacon.

Ojansivu, Ferreira e Salminen (2011) justificam que o yacon ainda não foi efetivamente introduzido no mercado europeu porque sua segurança precisa ser melhor avaliada. Contudo, os próprios autores relatam que os poucos estudos clínicos e pré-clínicos existentes realizados com yacon não levantaram nenhum problema de segurança, preenchendo os requisitos para serem utilizados como produtos primários ou como processados, como farinhas ou extratos, para serem consumidos como parte da dieta habitual.

Genta et al. (2009) fizeram um estudo com 55 mulheres obesas por um período de 120 dias e observaram que a ingestão de 20g FOS/ 70Kg /dia de peso

corporal levaram a efeitos adversos como diarreia, dor abdominal, flatulência e náuseas. Em contraste, os autores relatam que a metade desse nível pode ser uma forma segura e eficaz para diminuir os fatores de risco para o desenvolvimento de diabetes tipo 2, além de favorecer a diminuição significativa da gordura corporal, circunferência abdominal e consequentemente o peso corporal.

No Brasil, propriedades medicinais também podem ser atribuídas às folhas do yacon, sendo as folhas desidratadas utilizadas no preparo de chás antidiabéticos (AYBAR et al., 2001). Já Silva et al. (2006) concluem que a capacidade glicêmica apresentada pela raiz de yacon sugere que indivíduos portadores de diabetes possam acrescentar esse tipo de alimento em sua dieta normal sem riscos.

Fibras alimentares, óleos essenciais, frutoligossacarídeos e inulina estão sendo bastante estudados na incorporação de formulações de produtos cárneos na forma comercial, como carragenas em salsichas (BLOUKAS; PANERAS; PAPADIMA, 1997); óleo de peixe e fibra dietética solúvel em mortadelas (CÁCERES et al., 2004; CÁCERES; GARCÍA; SELGAS, 2008); pasta de tomate em mortadelas (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013); azeite de oliva em salames (KOUTSOPOULOS; KOUTSIMANIS; BLOUKAS, 2008; MUGUERZA et al., 2002); inulina em mortadelas (NOWAK et al., 2007) e farinha de yacon em mortadelas (CONTADO, 2009; TEIXEIRA, 2011).

A inulina comercial vem sendo bastante empregada na preparação de alimentos, auxiliando na textura, na consistência, na viscosidade e na umidade, proporcionando sensação gustativa similar à da gordura e aumentando o aporte de fibras dos produtos alimentícios (TEIXEIRA et al., 2009).

Além de serem usadas como ingredientes na formulação para o desenvolvimento de produtos com características funcionais, como no presente estudo, as fibras também têm sido utilizadas como substitutos de gordura. Os resultados de Nowak et al. (2007), mostraram que é possível substituir em até

12% a gordura por inulina em mortadelas, reduzindo-se o conteúdo de energia, mas destacam que quantidades acima de 6% apresentam bastante influência sobre as propriedades sensoriais dos produtos cárneos, o que intensifica a importância da análise de alimentos para a aceitação do produto final.

2.5 Análise sensorial de alimentos

Os testes hedônicos são aqueles que utilizam provadores não treinados para quantificarem o grau de aceitação de um determinado produto, enquanto que as avaliações sensoriais tradicionais geralmente envolvem avaliadores treinados (GIACALONE; BREDIE; FRØST, 2013; LAWLESS; HEYMANN, 2010; SCHUTZ, 1999; STONE; SIDEL, 1993).

Dooley, Lee e Meullenet (2010) reportam que os termos gerados por um painel treinado tem a vantagem de ser mais abrangentes e mais bem descritos, embora possam ser também complexos para o entendimento da média dos consumidores, o que poderia exigir mais explicações.

Embora a análise descritiva quantitativa forneça informações detalhadas, de confiança e resultados consistentes, sua aplicação geralmente possui uma abordagem demorada e seu vocabulário e treinamento precisam ser adaptados a cada produto, sendo que os avaliadores treinados ainda podem descrever os produtos com atributos que podem ser irrelevantes para os consumidores (ARES et al., 2010b; FAYE et al., 2006; TEN KLEIJ; MUSTERS, 2003).

Giacalone, Bredie e Frøst (2013) expõem que uma equipe de provadores treinados pode descrever o produto de forma diferente dos consumidores e/ou levar em conta variáveis que seriam irrelevantes para o consumidor final, sendo assim, alguns autores defendem que dados de consumidores com conceitos sensoriais simples poderia garantir um melhor entendimento da percepção das características sensoriais dos alimentos.

Por isso, nos últimos anos, estudiosos também defendem a necessidade da tendência das empresas ao uso da participação e envolvimento do consumidor em testes sensoriais para prever o comportamento real do mercado e para o desenvolvimento de produtos (ARES et al., 2010a; GIACALONE; BREDIE; FRØST, 2013).

Os Mapas de Preferência Externos (MPE) são gerados a partir de um grupo de técnicas estatísticas multivariadas concebidas para otimizar os produtos através da compreensão da preferência e dos dados sensoriais, baseados numa série de abordagens de relatos de consumidores (ARES et al., 2011; FAYE et al., 2006; GREENHOFF; MACFIE, 1999).

Já nos Mapas de Preferência Internos (MPI), o perfil sensorial dos produtos está relacionado à classificação da preferência a partir de uma amostra representativa de consumidores, utilizando dados de consumo apenas para determinar os padrões de preferência (LAWLOR; DELAHUNTY, 2000), não sendo coletadas informações sobre as características dos produtos (TEN KLEIJ; MUSTERS, 2003).

Guinard, Uotani e Schlich (2001) justificam que, uma vez que os dados do gosto são regredidos para os componentes principais, poderia ser difícil traduzir as direções de preferência para os atributos sensoriais do produto.

A metodologia do *Check-all-that-apply* - CATA tem sido usada para avaliar a percepção dos consumidores sobre determinados atributos sensoriais de produtos específicos (LANCASTER; FOLEY, 2007). Dooley, Lee e Meullenet (2010) explicam que o formato da aplicação das questões do CATA permite aos provadores escolherem todos os atributos potenciais das listas apresentadas para descreverem os produtos, sem a exigência de uma escala de intensidade. Porém, segundo os autores, esse método permite uma descrição um pouco menos artificial das principais propriedades sensoriais, dependendo de como os atributos são criados.

Adams et al. (2007), complementam que as perguntas do CATA parecem ser mais fáceis e naturais para os participantes. Já Ares et al. (2010a) comentam que a vantagem da metodologia é que os atributos sensoriais mais relevantes são identificados na sua própria língua, segundo a percepção do consumidor, sem a necessidade de estabelecer uma relação matemática com os dados dos provadores.

No entanto, Meilgaard, Civille e Carr (1999), debatem que se cada participante seleciona seus próprios termos, a análise torna-se complicada, uma vez que cada termo deve ser interpretado e combinado subjetivamente com termos semelhantes.

Alguns trabalhos avaliaram a eficácia da metodologia de CATA para a criação de mapas de preferência e compararam com mapas clássicos gerados a partir de perfis sensoriais tradicionais por meio de análise descritiva (ARES et al., 2011; DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010), mostrando que existem boas concordâncias entre os métodos e indicando que os dados do CATA aplicados para o mapeamento de preferência possibilita informações e resultados semelhantes ao mapeamento projetivo e à escala de intensidade sobre as características sensoriais para a melhoria dos produtos.

Ares et al. (2001a, 2010b), utilizaram o Mapeamento Projetivo e a metodologia do CATA e perceberam que, de acordo com os resultados, apesar da técnica do Mapeamento ter sido entendida, foi mais difícil e mais demorada do que responder às perguntas do CATA. Sendo assim, os autores sugerem que é mais simples e mais fácil para os provadores de menor nível educacional participarem do CATA.

Nesse contexto, a vantagem do CATA se destaca pela simplicidade das perguntas feitas para os consumidores e a maior espontaneidade das respostas, em comparação com as taxas de intensidade. Porém, para os autores, a limitação do CATA é que o perfil ótimo derivado de seus mapas é baseado em termos de

contagens de respostas e não como dado de intensidade de um painel de consumidor treinado usando atributos na escala de intensidade (DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010).

Giacalone, Bredie e Frøst (2013) destacam que a lógica do CATA é não visar à obtenção de uma caracterização sensorial muito precisa do produto, mas compreender o produto a partir de um ponto de vista sensorial e como essas características sensoriais podem estruturar seus padrões de preferência.

Ares et al. (2010a), complementam o assunto, dizendo que o CATA seria útil para identificar a percepção dos consumidores, mesmo quando não existirem grandes diferenças entre as amostras, sendo ferramentas valiosas para o entendimento da percepção das características sensoriais e hedônicas pelos consumidores, tornando-se uma técnica de complementação de análises que utilizam avaliadores treinados, bem como alternativas às tradicionais técnicas de avaliação de perfis sensoriais para empresas de alimentos com pouco tempo e recursos disponíveis.

Por outro lado, as respostas do CATA podem não ser apropriadas para a otimização de um produto, quando, por exemplo, as amostras não possuem os termos hedônicos próximos a um produto considerado ideal pelos participantes, sendo necessária a realização de novos estudos para avaliar e explorar a capacidade do método em identificar os produtos ideais, principalmente na etapa de geração dos termos utilizados, para produtos complexos que abrangem uma gama de características sensoriais e para grupos de consumidores com padrões de preferências diferentes (ARES et al., 2010a, 2011).

Em estudos com seis amostras de cerveja, Giacalone, Bredie e Frøst (2013) identificaram que o termo “amargo” foi muitas vezes mencionado para todas as amostras. No entanto, do ponto de vista do produto as seis amostras diferiam consideravelmente, de acordo com as medições do teor de ácidos alfa. Os autores relatam que essa diferença poderia ter sido detectada com um método

de dimensionamento. Sendo assim, a falta de variação sistemática na percepção do amargor, poderia indicar uma maior limitação de um método que utiliza dados nominais, como no caso do CATA.

Embora as perguntas do CATA parecem ter alguma validade para caracterizar as propriedades dos produtos, conforme percebidas pelos consumidores, Dooley, Lee e Meullenet (2010), consideram que muitas perguntas permanecem sem respostas e intensificaram a necessidade por estudos adicionais, que poderiam incluir a avaliação dos efeitos da ordem e o número de perguntas na seleção dos atributos dos termos do CATA.

Corroborando com essa ideia, Giacalone, Bredie e Frøst (2013) relatam que ao utilizarem a metodologia do CATA os termos sensoriais mais escolhidos foram os colocados no topo da lista na ficha de avaliação, sugerindo que a ordem dos atributos pode ter tido influência na escolha, sendo necessário estudar futuras aplicações para randomizá-las. No entanto, verificaram também que independente da sua posição, os termos mais simples e menos ambíguos foram mais utilizados pelos provadores não treinados.

Não obstante, alguns autores relatam que as possíveis desvantagens do CATA parecem ser compensadas a partir das principais vantagens que o método possibilita (ADAMS et al., 2007; ARES et al., 2010a; GIACALONE; BREDIE; FRØST, 2013). O recente avanço nos métodos sensoriais, incluindo o CATA e os métodos estatísticos para as análises das relações entre diferentes dados devem desencadear um maior grau de envolvimento dos provadores das partes descritivas dos produtos testados (GIACALONE; BREDIE; FRØST, 2013).

Jorge et al. (2015) utilizaram a metodologia do CATA para avaliar as características de produtos cárneos emulsionados e identificaram os principais termos sensoriais que contribuíram para diferenciar as amostras analisadas. Além disso, essa metodologia foi capaz de estabelecer uma coerência entre os

termos sensoriais e os parâmetros instrumentais e análises físico-químicas das amostras.

REFERÊNCIAS

ADAM, M. et al. Comparison of three different solid-phase microextraction fibres for analysis of essential oils in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1084, n. 1/2, p. 2–6, Aug. 2005.

ADAMS, J. et al. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 7., Minneapolis, 2007. **Proceedings...**Minneapolis: [s. n.], 2007. p. 12-16.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999**. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/727a7f004745792d8641d63fbc4c6735/RESOLUCAO_19_1999.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 23 jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981f1e1c116238c3b/Resolucao+RDC+n.+54_2012.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 21 jun. 2014.

ALFARO, M. E. C.; MELGAREJO, S. A. V. **El Yacón** : una nueva alternativa en la prevención y tratamiento de la salud. Trujillo: Urbanizatción Parque Industrial Manzana, 2005.

ALVAREZ, P. P. et al. Prebiótico inulina/oligofruktosa en la raíz del yacón (*smallanthus sonchifolius*), fitoquímica y estandarización como base de estudios preclínicos y clínicos. **Review of Gastroenterology**, New York, v. 28, p. 22–27, 2008.

ANGULO, H. **El yacón**. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2001.

ARES, G. et al. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 25, n. 1, p. 67-86, May 2010a.

ARES, G. et al. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 417-426, June 2010b.

ARES, G. et al. Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 22, n. 6, p. 581-591, Sept. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Consumo nacional de carne suína**. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. São Paulo, 2013.

AYBAR, M. J. et al. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 74, n. 2, p. 125-32, Feb. 2001.

BALCÁZAR-MUÑOZ, B. R.; MARTÍNEZ-ABUNDIS, E.; GONZÁLEZ-ORTIZ, M. Efecto de la administración oral de inulina sobre el perfil de lípidos y la sensibilidad a la insulina en individuos con obesidad y dislipidemia. **Revista Médica de Chile**, Santiago, v. 131, n. 6, p. 597-60, 2003.

BERAQUET, N. J.; GALVÃO, M. T. E. L.; SILVA, R. Z. M. Influence of using mechanically separated chicken meat from different parts and levels on the chemical, physical and sensory properties of bologna type product. In: CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont-Ferrand. **Proceedings...** Clermont-Ferrand: [s. n.], 1992. v. 5, p. 1011-1014.

BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D.; PAPADIMA, S. Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat frankfurters. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 8, p. 63–83, 1997.

BORNET, F. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 59, n. 3, p. 763–769, Mar. 1994. Suppl.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 4, de 31 de março de 2000**. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de linguiça e de salsicha. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7778>>. Acesso em: 21 jun. 2014.

CÁCERES, E. et al. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 87–96, Sept. 2004.

CÁCERES, E.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Effect of pre-emulsified fish oil - as source of PUFA n-3 - on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. **Meat science**, Barking, v. 80, n. 2, p. 183–93, Oct. 2008.

CASTRO, A. et al. Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food Research International**, Essex, v. 50, n. 1, p. 392–400, Jan. 2013.

CONTADO, E. W. N. F. **Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos de yacon (*Smallanthus sonchifolia*)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009.

COUSSEMENT, P. A. A. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose inulin and oligofructose : safe intakes and legal status 1. **American Society for Nutritional Sciences**, Bethesda, v. 129, p. 1412–1417, 1999.

CREHAN, C. M. et al. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5 , 12 and 30 % fat. **Meat science**, Barking, v. 55, p. 463–469, 2000.

DELZENNE, N. M. et al. Impact of inulin and oligofructose on gastrointestinal peptides. **British Journal of Nutrition**, London, v. 93, n. 1, p. 157–161, 2005.

DELZENNE, N. M.; ROBERFROID, M. R. Physiological effects of non-digestible oligosaccharides. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, London, v. 27, p. 1–6, 1994.

DOMÉNECH-ASENSI, G. et al. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat science**, Barking, v. 93, n. 2, p. 213–9, Feb. 2013.

DOOLEY, L.; LEE, Y.; MEULLENET, J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 394–401, June 2010.

FAYE, P. et al. An alternative to external preference mapping based on consumer perceptive mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, p. 604–614, 2006.

FERNÁNDEZ, E. C. et al. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environment**, Praha, n. 12, p. 564–570, 2006.

FORTES, R. C. Os frutooligossacarídeos, a inulina e suas implicações na indústria de alimentos. **Revista Nutrição Brasileira**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 52–61, 2005.

FRONING, G. Mechanical deboning of poultry and fish. **Advances in Food Research**, New York, v. 27, p. 109–147, 1981.

GENTA, S. et al. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, Edinburgh, v. 28, n. 2, p. 182–7, Apr. 2009.

GIACALONE, D.; BREDIE, W. L. P.; FRØST, M. B. “All-In-One Test” (All): a rapid and easily applicable approach to consumer product testing. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 27, n. 2, p. 108–119, Mar. 2013.

GRAEFE, S. et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2-3, p. 157–165, Mar. 2004.

GRANATO, D. et al. Influence of passion fruit juice on colour stability and sensory acceptability of non-sugar yacon-based pastes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 54, p. 149–159, Feb. 2011.

GRAU, A. et al. El retorno del Yacón. **Ciencia Hoy**, Buenos Aires, v. 11, n. 63, p. 24–32, 2011.

GRAU, A.; REA, J. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). In: HERMAN, M.; HELLER, J. (Ed.). **Andean ooot and tubers**: ahupa, arracacha, maca and yacon. Rome: IPGRI, 1997. p. 199–240.

GREENHOFF, K.; MACFIE, H. J. H. Preference mapping in practice Gaithersburg, Maryland. In: MACFIE, H. J. H.; Thomson, D. M. H. (Ed.). **Measurement of food preferences**. New York: Aspen, 1999. p. 137-166.

GRUNDEN, L. P.; MACNEIL, J. H. Examination of bone content in mechanically deboned poultry meat by edta and atomic absorption spectrophotometric methods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 38, n. 4, p. 712–713, 1973.

GUINARD, J.; UOTANI, B.; SCHLICH, P. Internal and external mapping of preferences for commercial lager beers : comparison of hedonic ratings by consumers blind versus with knowledge of brand and price \$. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, p. 243–255, 2001.

HANDA, C.; GOOMER, S.; SIDDHU, A. Physicochemical properties and sensory evaluation of fructoligosaccharide enriched cookies. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 49, n. 2, p. 192–9, Apr. 2011.

HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: _____. **Impact on a changing world**. Lima: International Potato Center, 1997. p. 425–432.

HOEBRIGS, H. Fructans in foods and food products, ion-exchange chromatographic method: collaborative study. **Journal AOAC International**, Rockville, v. 80, p. 1029–1036, 1997.

JORGE, É. C. et al. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. **Meat science**, Barking, v. 100, p. 124–133, 2015.

KOUTSOPOULOS, D. A; KOUTSIMANIS, G. E.; BLOUKAS, J. G. Effect of carrageenan level and packaging during ripening on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages produced with olive oil. **Meat science**, Barking, v. 79, n. 1, p. 188–97, May 2008.

LANCASTER, B.; FOLEY, M. **Determining statistical significance for choose-all-that-apply question responses**. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 17., 2007, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: [s. n.], 2007.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Springer, 2010.

LAWLOR, J. B. E. N.; DELAHUNTY, C. M. The sensory profile and consumer preference for ten speciality cheeses. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 53, p. 28–36, 2000.

MACAULAY, J.; PERTERSEN, B.; SHANK, F. **Functional foods: opportunities and challenges**. Chicago: Institute of Food Technologists, 2004.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A.; HERMANN, M. **Jarabe de yacón: principios y procesamiento**. Lima: Centro Internacional de La Papa, 2005. 31 p.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, T. B. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 1999.

MORAES, F. P.; COLLA, L. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109–122, 2006.

MUGUERZA, E. et al. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. **Meat science**, Barking, v. 61, p. 397–404, 2002.

NARAI-KANAYAMA, A.; TOKITA, N.; ASO, K. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. **Journal of food science**, Chicago, v. 72, n. 6, p. 381–387, Aug. 2007.

NOWAK, B. et al. Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. **Journal of food science**, Chicago, v. 72, n. 9, p. 629–638, Nov. 2007. Suppl.

OHTA, A. et al. Prevention of coprophagy modifies magnesium absorption in rats fed with fructo-oligosaccharides. **British Journal of Nutrition**, London, v. 75, p. 775–784, 1996.

OJANSIVU, I.; FERREIRA, C. L.; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 22, n. 1, p. 40–46, Jan. 2011.

OLIVEIRA, E. M. **Aproveitamento tecnológico da carne mecanicamente separada (CMS) de frango**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa, 1988.

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

PEDRESCHI, R. et al. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 18, p. 5278–84, 27 Aug. 2003.

PEREIRA, A. G. T. et al. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. **Meat science**, Barking, v. 89, n. 4, p. 519–25, Dec. 2011.

PEREIRA, S. C. L. et al. Avaliação do efeito hipogliceminante da farinha e do extrato de yacon (*Polymnia sonchifolia*) em ratos diabéticos. **Nutrire: Revista da Sociedade de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 34, p. 415–415, 2009.

RIVERA, D.; MARINQUE, I. **Zumo de Yacón**. Lima: Centro Internacional de la Papa, 2005.

ROBERFROID, M. B.; DELZENNE, N. M. Dietary fructans. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v.18, p. 117-43, 1998.

ROSA, C. S. et al. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1869–1872, 2009.

SAMPAIO, G. R. et al. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n. 3, p. 1383–90, Dec. 2012.

SANGEETHA, P. T.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of Fructooligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 10, p. 442–457, Oct. 2005.

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

SCHUTZ, H. G. Consumer data sense and nonsense. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 10, p. 245–251, 1999.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MARINQUE, I. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Lima: Centro Internacional de la Papa, 2003. 60 p.

SILVA, A. S. S. et al. Avaliação da resposta glicêmica em mulheres saudáveis após a ingestão de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura, cultivadas no estado de santa catarina - Brasil. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 137–142, 2006.

SIMONOVSKA, B. Determination of Inulin in Foods - Technical Communications. **Journal of AOAC International**, Rockville, v. 83, n. 3, p. 675–678, 2000.

SOFOS, J. N.; ALLEN, C. E. Effects of lean meat source and levels of fat and soy protein on the properties of wiener-type products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 4, p. 875–878, 1977.

STONE, H.; SIDEL, J. I. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1993.

TEIXEIRA, A. P. et al. O efeito da adição de yacon no suco de laranja industrializado sobre a curva glicêmica de estudantes universitários. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 313–319, 2009.

TEIXEIRA, J. **Elaboração de apresetado formulado com farinha e extrato de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2011. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TEN KLEIJ, F. E.; MUSTERS, P. A. D. Text Analysis of Open-ended Survey Responses. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, p. 43–52, 2003.

TRINDADE, M. A.; CASTILHO, C. J. C.; FELÍCIO, P. E. Mortadella sausage formulations with mechanically separated layer hen meat preblended with antioxidants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 3, p. 240–245, 2006.

TRINDADE, M. A.; CONTRERAS, C. C.; FELÍCIO, P. E. Mortadella Sausage Formulations with Partial and Total Replacement of Beef and Pork Backfat with Mechanically Separated Meat from Spent Layer Hens. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 3, p. 236–241, May 2005. Suppl.

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

VASCONCELOS, C. M. et al. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 188–193, 2010.

VENDRELL-PASCUAS, S.; CASTELLOTE-BARGALLO, A. I.; LOPEZ-SABATER, M. Determination of inulin in meat products by high performance liquid chromatography with refractive index detection. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 881, p. 591–597, 2000.

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

YUN, J. W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 19, n. 1, p. 107–117, 1996a.

ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “Yacon”, *Polymnia sonchifolia* (Asteracea). **Economy Botanic**, Fullerton, v. 45, n. 1, p. 72–85, 1991.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA
DE FRANGO E DE FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) NA
QUALIDADE DE MORTADELAS**

ARTIGO 1

Artigo redigido conforme a norma da revista Food Chemistry

“Versão Preliminar”

EFEITOS DA ADIÇÃO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO E DE FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) NA QUALIDADE DE MORTADELAS

*Effect of mechanically deboned poultry meat and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour on the quality characteristics of cooked sausages*

RESUMO

Os efeitos dos níveis de farinha de yacon (FY) e carne mecanicamente separada (CMS) de aves foram testados mediante planejamento experimental por Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) em amostras de mortadelas, a fim de promover a otimização das formulações para desenvolver um produto com adição de fibra alimentar (FA) e frutoligossacarídeos (FOS). Os resultados mostraram que apesar das maiores concentrações de FY terem aumentado a adesividade e a intensidade da cor amarela das mortadelas, reduziram os efeitos negativos da adição de CMS, diminuindo a atividade de água e proporcionando maior luminosidade das amostras. Além disso, níveis acima de 35% de CMS aumentaram linearmente a perda da estabilidade da emulsão cárnea. As maiores concentrações estudadas para ambas as variáveis (2 e 70%, para FY e CMS, respectivamente), podem ser utilizadas para otimização das amostras, contribuindo para a melhoria da qualidade tecnológica e nutricional de produtos emulsionados tipo mortadelas.

Palavras-chave: emulsões cárneas, frutoligossacarídeos, superfície de resposta, otimização.

1 INTRODUÇÃO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta da família das Asteraceas, originária dos Andes, que vem sendo difundido como o alimento com maior conteúdo de frutoligossacarídeos (FOS) na natureza, com boa aceitação no mercado consumidor tanto pelo consumo *in natura* como pelas suas derivações como extrato e, ou farinha (Narai-Kanayama, Tokita, & Aso, 2007; Dzazio, Macedo, Costa, Anjos, & Francisco, 2007; Genta et al., 2009; Vasconcelos, Silva, Teixeira, Chaves, & Martino, 2010).

Apesar de ser de origem andina, o yacon é uma espécie com desenvolvimento extremamente adaptável quanto ao clima, altitude e tipo de solo sendo cultivado mesmo em países de clima quente, como o Brasil (Santana & Cardoso, 2008). Seu rendimento por tonelada no campo é superior às fontes convencionais de FOS (Ojansivu, Ferreira, & Salminen, 2011), aumentando seu potencial de utilização, visto que no Brasil não existe produção de inulina e FOS, sendo esses produtos comerciais importados como ingredientes funcionais substitutos de gordura pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas (Galante, 2008).

Nesse contexto a farinha de yacon (FY) vem se destacando como um produto promissor, de baixo custo, cujo potencial pode ser explorado tanto para aumentar a vida útil do yacon, quanto porque o processo de secagem do tubérculo de yacon para sua obtenção, tende a aumentar a concentração dos compostos funcionais, como FOS e inulina, que são compostos estáveis a temperaturas superiores a 140 °C (Moura, 2004; Vasconcelos et al., 2010; Rodrigues, 2011).

Os FOS apresentam vários benefícios para a saúde, pois são fermentados no cólon por um grupo de bactérias benéficas (*Bifidus e Lactobacillus*) que fazem parte da microbiota intestinal, melhorando a função do intestino (Adam,

Juklová, Bajer, Eisner, & Ventura, 2005; Ojansivu et al., 2011) e por causa de seus benefícios nutricionais, alguns estudos apontam a participação de extrato e de farinha de yacon na formulação de produtos de padaria e confeitaria (Moscato, Prudêncio-Ferreira, & Haully, 2004; Dzazio et al., 2007; Rosa, Oliveira, Viera, Gressler, & Viega, 2009); sucos, néctares ou polpas de frutas (Teixeira, Paiva, Resende, & Zandonadi, 2009) e produtos cárneos (Contado, 2009; Teixeira, 2011).

Essa prática de incorporação de fibras aos alimentos, destaca-se como uma maneira de aumentar a quantidade de fibras na dieta sem mudar radicalmente hábitos alimentares dos consumidores (Viuda-Martos, Ruiz-Navajas, Fernández-López, & Pérez-Alvarez, 2010), podendo ser facilmente empregada em produtos cárneos como as mortadelas, que são produtos com grande apelo comercial e pobres em fibras alimentares.

No entanto, ainda existem muitos entraves para a substituição da carne por substitutos alternativos, como vegetais a base de proteínas de grãos de leguminosas, como a soja, proteínas de cereais, ou fungos, principalmente em relação à menor atratividade sensorial (Hoek et al., 2011) necessitando de mais estudos nessa área.

Na formulação de mortadelas, a Legislação Brasileira permite a adição de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de aves, bovinos e suínos de até 60% para mortadelas sem denominação, de 40% para mortadelas de ave e de 20% para mortadelas tipo Bologna (BRASIL, 2001), como uma forma de diminuir os custos de produção.

Contudo, a utilização de altos níveis de CMS de ave na formulação desses produtos cárneos pode ocasionar efeitos negativos sobre o rendimento e a cor do produto final (Pereira et al., 2011), já que os atributos de qualidade das mortadelas estão fortemente associados a uma combinação de gordura, água e

proteínas solúveis, as quais atuam como agentes emulsificantes (Silva et al., 2003).

Desse modo, as consequências do uso de CMS, especialmente em grandes quantidades, também devem ser estudadas para a garantia da qualidade e da estabilidade das emulsões cárneas (Trindade, Contreras, & Felício, 2005).

O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos dos níveis de farinha de yacon (FY) e CMS nas características de qualidade de mortadelas adicionadas de extrato de yacon (EY) a fim de promover a otimização das formulações para desenvolvimento de um produto com adição de fibra alimentar (FA) e FOS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA): a extração e secagem da polpa de yacon, foi realizada no Setor de Grãos, Raízes e Tubérculos; o processamento e as análises das mortadelas foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes).

2.1 Obtenção do extrato e da farinha de yacon

As batatas yacon foram adquiridas em mercado local (Lavras-MG) e imediatamente processadas. A obtenção do extrato foi feita segundo metodologia proposta por Teixeira, (2011) e o processamento da farinha seguiu a metodologia proposta por Ribeiro, (2008) com modificações. Primeiramente cerca de 53 kg de batata yacon foram lavados em água corrente à temperatura ambiente, pesadas e imersas por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm). As batatas foram descascadas manualmente e a polpa sanitizada com solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 15 minutos.

Para obtenção do extrato (EY), uma porção de cerca de 20 kg de batata descascada foi cortada em pedaços, imediatamente imersas em solução de ácido ascórbico (1%) por 15 minutos para reduzir o escurecimento, e trituradas em centrífuga para frutas doméstica (700w; FunKitchen), obtendo-se o extrato e descartando-se o resíduo. O extrato foi armazenado em embalagem plástica e imediatamente congelado (-18°C) até sua utilização. O rendimento do processo foi calculado, considerando o peso dos tubérculos descascados como peso inicial e o peso do extrato como peso final.

Para a produção de farinha (FY), 33 kg da batata yacon descascada foi imersa em solução de ácido ascórbico (1%) por 15 minutos para reduzir o escurecimento, logo após foi cortada em lâminas com cerca de 1 mm de espessura, utilizando um multiprocessador doméstico (Walita Master RJ 7633; Philips Walita, Brasil), eliminando-se o resíduo. A polpa foi então seca a 55 ° C por 48 horas em estufa com ventilação de ar forçada. Após a secagem, o produto desidratado foi triturado no multiprocessador até obtenção da farinha, que foi finalmente peneirada (malha 1 mm), embalada a vácuo (Seladora TM 250; TecMaq Seladoras, São Paulo, Brasil) e armazenada à temperatura ambiente até sua utilização. O rendimento do processo foi calculado, considerando o peso dos tubérculos descascados como peso inicial e o peso da farinha como peso final.

2.2 Caracterização tecnológica do extrato e da farinha de yacon

Todas as análises foram feitas em duplicatas. Para o extrato foi realizada a análise de sólidos solúveis, utilizando um refratômetro portátil. As outras análises da composição centesimal do extrato e da farinha de yacon seguiu os métodos oficiais propostos pela AOAC (AOAC, 2002): umidade (apenas para a farinha), pela secagem da amostra a 105 °C até peso constante (AOAC 950.46); lipídeo, usando o método de Soxhlet (AOAC 960.39); proteínas, usando a

metodologia do micro-Kjeldahl com fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC 968.06); e o resíduo mineral fixo (cinzas), obtido após incineração da amostra a 550 °C (AOAC 950.46).

O pH do extrato foi medido pela inserção diretamente no extrato de um eletrodo combinado de bulbo vidro acoplado a um pHmetro DM 20 (Digimed, São Paulo, Brasil). Para a farinha, uma porção de farinha foi homogeneizada (tritador Turratec Te102; TECNAL Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, SP, Brasil) em 10 porções de água destilada e o pH imediatamente medido pela inserção do eletrodo nessa solução.

O método enzimático espectrofotométrico (AOAC 999.03) foi utilizado para cálculo de frutanos totais de extrato e farinha, sendo os resultados expressos em percentual de frutoligosacarídeos (FOS).

A análise de fibra alimentar total (FAT), solúvel (FS) e insolúvel (FI) também foi realizada para extrato e farinha, utilizando o método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43) (Association of Official Analytical Chemists - AOAC, 2000), adotada pelo Codex Alimentarius, fazendo-se o uso do Kit enzimático “*Total Dietary Fiber Assay Kit*” (Sigma-Aldrich®).

A análise de cor instrumental foi determinada apenas para a farinha e utilizou um espectrofotômetro colorimétrico CM700 (Konica Minolta Inc.), com iluminante D65, ângulo de observação de 10° e componente especular excluído (SCE mode). Os componentes luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram determinados a partir de cinco leituras realizadas em vários pontos da superfície das amostras. A saturação (chroma, C*) e ângulo de tonalidade (hue, h*) também foram determinados (Ramos & Gomide, 2007): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ e $h^* = \arctan (b^*/a^*)$.

Foi necessário liofilizar o extrato para as análises de lipídeo, cinzas e fibra alimentar. O extrato de yacon antes do processo de liofilização foi acondicionado em potes de vidro com capacidade de 100 mL, utilizando apenas

50 % do volume do recipiente. Após serem submetidas a congelamento em ar estático em congelador (Deep Freezer - Revco), à temperatura de -80 °C, as polpas congeladas foram conduzidas a um liofilizador piloto (Liobras Indústria, Comércio e Serviço Ltda, modelo L101) que consiste em uma câmara de vácuo, condensador, unidade de refrigeração e bomba de vácuo à temperatura de -47 °C. O tempo médio para a liofilização das amostras foi de 4 dias.

O teor de FAT do extrato e da farinha de yacon foi calculado somando-se os teores de FAS, FAI e FOS.

2.3 Elaboração das mortadelas

A carne de acém bovino e o toucinho foram adquiridos em comércio de Lavras, MG. A carne mecanicamente separada de aves foi adquirida da empresa Pif-Paf Alimentos Ltda, Visconde de Rio Branco, MG e caracterizada no LabCarnes.

As influências dos níveis de carne mecanicamente separada (CMS) de aves e farinha de yacon (FY) adicionados nas mortadelas foram avaliadas por meio de um delineamento composto central rotacional (DCCR), em esquema fatorial 2 x 2, com 3 pontos centrais e 4 pontos axiais, totalizando 11 ensaios (Pereira et al., 2011), realizados em ordem aleatória.

Para elaboração das mortadelas foi utilizada a seguinte formulação básica (Dutra et al., 2011), sendo que o extrato de yacon foi utilizado em substituição à água da formulação, conforme proposto por Teixeira, (2011): massa cárnea: acém bovino (57%) e toucinho suíno (14%), além dos ingredientes: extrato de yacon (20%), fécula de mandioca (5%), sal (2%), polifosfato de sódio (0,5%; Fosmax E-10, New Max Industrial Ltda), condimento para mortadela (0,9%; New Max Industrial Ltda), sal de cura (0,3%;

mistura nitrito/nitrato, Maxsoy Alimentos Ltda) e eritorbato de sódio (0,3 %; Fixamax C-202, New Max Industrial Ltda), como apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 Níveis de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY) de acordo com o delineamento experimental

Ensaio	Variáveis codificadas		Formulação				
			Variáveis reais		Carne (%)	Toucinho (%)	Ingredientes ³ (%)
	X_1 ¹	X_2 ²	CMS (%)	FY (%)			
1	-1	-1	10,2	0,3	48,53	11,97	29,0
2	1	-1	59,8	0,3	8,85	2,05	29,0
3	1	1	10,2	1,7	47,41	1,69	29,0
4	1	1	59,8	1,7	7,73	1,77	29,0
5	-1,41	0	0,0	1,0	56,13	13,87	29,0
6	1,41	0	70,0	1,0	0,0	0,0	29,0
7	0	-1,41	35,0	0,0	28,78	7,22	29,0
8	0	1,41	35,0	2,0	27,18	6,82	29,0
9 a 11	0	0	35,0	1,0	27,98	7,02	29,0

¹ X_1 : variável codificada para carne mecanicamente separada de aves (CMS); ² X_2 : variável codificada para farinha de yacon (FY); ³soma dos ingredientes da formulação básica, incluindo o extrato de yacon

De acordo com o delineamento experimental, diferentes níveis de CMS (0 a 70%) e de FY (0 a 2%) foram usados em substituição à massa cárnea, mantendo a proporção de 80:20 de carne bovina/toucinho suíno. Os ingredientes foram processados em *cutter* KJ-10 (Indústrias Jamar Ltda.; Tupã, SP, Brasil), sendo a massa obtida embutida (mortadelas de \pm 400g) em tripa artificial de poliamida (STARTRIP® Z-R, SCHUR Equipamentos e Embalagens; Barueri, SP, Brasil) de 67 mm diâmetro e cozida por imersão em água até temperatura interna de 73 °C (acompanhada pela inserção de um termopar no centro da massa). Após o cozimento, as mortadelas foram resfriadas e estocadas em câmara fria (4 °C) por 24 horas, para análises posteriores.

2.4 Análises da matéria prima cárnea

A carne de acém bovina e a carne mecanicamente separada de frango foram analisadas quanto à composição centesimal de acordo com os métodos oficiais da (AOAC, 2002): umidade, determinada pela secagem da amostra a 105 °C até peso constante (AOAC 950.46); lipídeo, pelo método de Soxhlet (AOAC 960.39); proteínas, por micro-Kjeldahl e fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC 968.06); e resíduo mineral fixo (cinzas), por incineração da amostra a 550 °C (AOAC 950.46). Também foram determinados o teor de cálcio (% em massa seca) segundo Damin, Silva, Vale, and Welz (2007).

2.5 Análises da massa crua

Amostras da massa formada, antes do embutimento e cozimento, foram removidas para análise do pH, do teor de proteínas sais solúveis (SSP) e da estabilidade de emulsão (EE).

Uma porção da massa foi homogeneizada (tritador Turratec Te102; TECNAL Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, SP, Brasil) em 10 porções de água destilada e o pH imediatamente medido por um eletrodo combinado de bulbo de vidro acoplado a um pHmetro DM 20 (Digimed, São Paulo, Brasil).

O teor de proteínas sais solúveis (SSP) foi determinado segundo Knipe, Oldon, & Rust, (1985), com pequenas modificações. Uma porção da massa crua foi homogeneizada (tritador Turratec Te102) em 10 porções de solução salina (NaCl 0,6 M) e centrifugada a 3000g por 15 minutos em centrífuga EBA 21 (Hettich, São Paulo, Brasil). O teor de proteínas solúveis no sobrenadante foi determinado pelo método de Biureto (Ramos & Gomide, 2007), utilizando um

espectrofotômetro Genesys 10 UV (Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil). Albumina sérica bovina (BSA, Sigma Chemical Co.) foi utilizada no preparo da curva analítica e o teor de SSP expresso em mg de proteína solúvel por g de amostra.

A estabilidade de emulsão (EE) foi determinada conforme modificações do método proposto por Hughes, Cofrades, & Troy, (1997). Tubos contendo cerca de 25 g de amostra foram centrifugados (centrífuga EBA 21) a 3000g por 1 minuto, para acomodação da massa, mantidos em banho-maria a 70 °C por 30 minutos, resfriados em água corrente e novamente centrifugados a 3000g por 3 minutos. O tubo foi vertido em cadinho de porcelana por 30 minutos e o percentual de fluido exsudado (TFExs) foi determinado. A seguir, os cadinhos com o exsudado foram secos em estufa a 105 °C por 12 horas e o percentual de gordura no exsudado (GExs) foi determinado.

2.6 Análises tecnológicas das mortadelas

Uma porção da mortadela foi homogeneizada (tritador Turratec Te102; TECNAL Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, SP, Brasil) em 10 porções de água destilada e o pH imediatamente medido por um eletrodo combinado de bulbo vidro acoplado a um pHmetro DM 20 (Digimed, São Paulo, Brasil). A atividade de água das amostras trituradas foi determinada diretamente em aparelho Aqualab CX2 (Decagon Devices Inc., WA, USA) através da determinação do ponto de orvalho, seguindo-se as orientações do fabricante.

As mortadelas foram analisadas quanto à composição centesimal de acordo com os métodos oficiais da (AOAC, 2002): umidade, determinada pela secagem da amostra a 105 °C até peso constante (AOAC 950.46); lipídeo, pelo método de Soxhlet (AOAC 960.39); proteínas, por micro-Kjeldahl e fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC 968.06); e resíduo mineral fixo

(cinzas), por incineração da amostra a 550 °C (AOAC 950.46). Também foram determinados o teor de cálcio (% em massa seca) segundo Damin, Silva, Vale, and Welz (2007), o teor de nitrito sódico residual (NaNO_2 ; $\text{mg NaNO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ da amostra), pelo método AOAC 973.31 (AOAC, 2002).

Nesse estudo, o teor de FAT do extrato e da farinha de yacon foi calculado somando-se os teores de FAS, FAI e FOS, para o cálculo por balanço de massa que considerando a proporção de FY e EY adicionados nas formulações, os produtos elaborados variaram de 1,2 a 2,4 % de fibra alimentar total (FAT).

2.7 Grau de oxidação lipídica das mortadelas

O grau de oxidação lipídica das amostras foi mensurada através da quantificação de hidroperóxidos formados (índice de peróxidos) e do teste das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (índice de TBARS).

O índice de peróxido (IP) foi determinado por modificações do método de PCA-FOX proposto por Gay & Gebicki, (2002). Brevemente, 6 g da amostra foram homogeneizadas em 25 mL de metanol refrigerado (-18 °C) por 30 segundos e centrifugadas a 1400g por 3 minutos. Uma alíquota do sobrenadante (suficiente para conter até 75 μM de hidroperóxidos) foi adicionada de 200 μL de solução analítica (2,5 mM de alaranjado de xilenol tetrassódico e 2,5 mM de sulfato ferroso de amônio em solução de ácido perclórico 1,10 M) e o volume completado para 2 mL com água destilada. Após 30 minutos de incubação à temperatura ambiente e ao abrigo de luz, foi lida a absorvância a 560 nm. A concentração de hidroperóxidos foi determinada a partir de curva padrão com hidroperóxido de cumeno (CHP) e os resultados expressos em $\text{mg de CHP} \cdot \text{Kg}^{-1}$ de amostra.

O índice de TBARS, foi determinado segundo metodologia descrita por Raharjo & Sofos, (1993). A concentração do malonaldeído (MDA) foi determinada por curva padrão de 1.1,3.3-tetraethoxypropane (TEP) e os resultados de TBARS expressos como mg MDA.kg⁻¹ de amostra.

2.8 Avaliação da cor e textura das mortadelas

A cor instrumental foi determinada utilizando um espectrofotômetro colorimétrico CM700 (Konica Minolta Sensing Inc. Osaka, Japan), com o iluminante D65, ângulo do observador de 10° e componente especular excluído (SCE mode). Os componentes luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram determinados a partir de cinco leituras realizadas em vários pontos da superfície das amostras. A saturação (C*) e o ângulo de tonalidade (h*) também foram determinados (Ramos & Gomide, 2007): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, e $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

A avaliação da textura foi conduzida pelo método de análise de perfil de textura (TPA), utilizando um texturômetro TA.XT2i (Stable Micro Systems), segundo Dutra et al., (2014). Seis replicatas de amostras foram cortadas em cubos de 1,0 cm de aresta e comprimidas duas vezes com uma *probe* cilíndrica uniaxial a uma taxa de 180 mm.min⁻¹ até chegarem a 50% do seu tamanho original. Não houve tempo de descanso entre os dois ciclos de compressão. Foi obtida uma curva de deformação ao longo do tempo, e foram gerados os seis seguintes parâmetros de textura (Ramos & Gomide, 2007): fraturabilidade (N), dureza (N), coesividade, adesividade (N.mm), elasticidade (mm) e mastigabilidade (N.mm).

2.9 Análise estatística

Para cada variável experimental (CMS e farinha de yacon) codificada, a variância foi decomposta nos componentes linear, quadrático e interação, a fim de avaliar a sua importância relativa e o ajuste da seguinte função polinomial de segunda ordem:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \beta_{ij} X_i X_j$$

Em que Y é a resposta estimada; B_0 , B_i , B_{ii} e B_{ij} representam as constantes e coeficientes de regressão do modelo; e X_i , X_j e $X_i X_j$ são os níveis das variáveis codificadas independentes linear, quadrática e interação, respectivamente.

A significância dos parâmetros da equação, para cada variável resposta, foi avaliada pelo teste F, utilizando o programa *Statistica*® 5.0 (StatSoft, Poland). Para a modelagem foi utilizado o erro puro avaliando o ajuste da regressão ao nível de 5 % de probabilidade e a significância dos coeficientes ao nível de 10 %, 5 % e 1 %. Na falta de ajuste do modelo completo para o desenvolvimento dos gráficos, foi feita a análise de regressão ($P < 0,05$) apenas para os coeficientes significativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da matéria prima

3.1.1 Composição química da massa cárnea

A carne de acém bovino apresentou a seguinte composição: 21,71% de proteína, 73,26% de umidade, 5,33% de gordura, 0,23% de cinzas e 0,04% de cálcio em base seca e a caracterização da carne mecanicamente separada de aves (CMS) apresentou 14,08% de proteína, 62,96% de umidade, 23,40% de gordura, 0,30% de cinzas e 0,61% de cálcio em base seca.

3.1.2 Caracterização da farinha e do extrato de yacon

O rendimento obtido para o extrato de yacon foi de 58,18 %, enquanto o rendimento da farinha foi de 5,23 %, sendo esses resultados maiores do que os encontrados por Pereira, Monteiro, Henriques, Uliana, & Herbst, (2009), que verificaram um rendimento de 5 % para a farinha de yacon e o consideraram muito baixo. Por outro lado, Ribeiro, (2008) encontrou rendimentos de 7,94 e 10,86 %, respectivamente, para farinha de polpa e farinha de casca de yacon e (Teixeira, 2011) calculou um rendimento de 6,98 % para a farinha de yacon com casca.

O pH do extrato e da farinha de yacon foi 5,89 e 5,72, respectivamente. Em seus estudos, Castro, Céspedes, Carballo, Bergenstahl, & Tornberg, (2013) encontraram valores de pH próximos a 5,0 para polpa de yacon e atribuíram esse resultado à adição de ácido ascórbico como conservante. Antes da adição do ácido, os autores encontraram pH entre 6,0 e 6,5 para a polpa de yacon. Risso et al., (2009) avaliaram o efeito do pH na síntese de FOS e identificaram que o

maior rendimento obtido ocorreu em pH 6,0. No entanto, quanto à estabilidade dos FOS, (Moura, 2004), relata que estes compostos são estáveis a valores de pH superiores a 3,0 e temperaturas de até 140 °C. Desse modo, os FOS não seriam degradados na maioria dos processos térmicos das indústrias de alimentos, mas poderiam ser hidrolisados em frutose, em condições muito ácidas e em exposição prolongadas ao binômio tempo/temperatura. (Bornet, 1994; Yun, 1996).

Os teores de lipídeos e proteínas (0,04 e 0,93%; 0,21 e 1,95% em base úmida, respectivamente para EY e FY) encontrados nesse estudo foram baixos.

Observou-se elevado teor de água no extrato (89,13%) e, em relação aos demais constituintes os predominantes foram os carboidratos, englobando FAT, que representam 57,22 % da matéria seca do extrato de yacon.

Estudos apontam que os métodos enzimático-gravimétricos são apropriados para análises rotineiras de FA, contudo são ineficazes para determinação de oligossacarídeos com grau de polimerização menor que 12, como ocorrem no yacon, havendo necessidade de métodos complementares como a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) para quantificar com exatidão o teor de FA dessas raízes (Vasconcelos et al., 2010), sendo a medição de frutanos do tipo inulina importante para evitar a subestimação do teor de FA em alimentos como yacon (Castro et al., 2013).

Mas apesar da técnica de CLAE levar à análise precisa de FOS, a falta de disponibilidade de padrões puros tem sido uma grande dificuldade na determinação de FOS (Sangeetha, Ramesh, & Prapulla, 2005). Embora a quantificação de FOS pelo método enzimático-gravimétrico ser considerada ineficiente para a análise de FA, principalmente por causa da alta solubilidade dos FOS em etanol (Ku, Jansen, Oles, Lazar, & Rader, 2003), a concentração de FOS e açúcares livres podem ser estimadas utilizando procedimentos para análise de frutanos, de modo que o nível de FOS pode representar o nível de

fibras (Genta et al., 2009), como ocorreu nesse experimento, onde o alto teor de FOS da farinha de yacon (51,44 % da matéria seca), corroboram com os trabalhos de Grau & Rea, (1997) e Ojansivu et al., (2011), que relatam que na matéria seca das raízes, pode ser encontrado de 40-70 % de FOS.

Essa informação tem grande relevância, considerando que o yacon tem um grande potencial para ganhar um nicho altamente rentável, (Alvarez et al., 2008; Graefe, Hermann, Manrique, Golombek, & Buerkert, 2004; Silva et al., 2006), devido à sua adaptabilidade a diversas ecologias, que tem permitido seu crescimento em muitas partes do mundo e à sua concentração de FOS e outras propriedades relacionadas com a saúde.

Os resultados mostram também que a obtenção da farinha de yacon (6,71 % de umidade) aumentou a concentração dos componentes funcionais, como os FAT (60,68 % em matéria seca), indicando o seu uso como ingrediente na elaboração de produtos cárneos (com alegação de funcionalidade).

Rodrigues, (2011) salienta que o yacon ainda é um alimento pouco explorado e que o uso da farinha de yacon pode ser promissor, pois além de aumentar a vida útil do yacon, facilita sua incorporação na produção de diversos alimentos, podendo contribuir para o desenvolvimento de vários produtos com alegação de propriedades funcionais.

No entanto, a adição de farinha em produtos processados pode esbarrar na qualidade sensorial, principalmente em relação à cor do produto final. O branqueamento da polpa com solução de ácido ascórbico a 1% utilizado nesse estudo pode ter contribuído para uma coloração visual relativamente amarelada e clara do extrato. Os experimentos de Rivera & Marinque, (2005), para o processamento do extrato do yacon utilizaram 1,3g de ácido ascórbico/kg de extrato para controle do escurecimento da amostra.

Apesar dos tubérculos de yacon conterem carotenóides que conferem sua cor amarela (Quinteros, 2000) e dos FOS serem açúcares não redutores,

apresentando a vantagem de não serem susceptíveis à reação de Maillard (Moura, 2004), o yacon é suscetível às reações de escurecimento enzimático por causa das enzimas presentes como a polifenoloxidase (PPO), que catalisam a oxidação de substratos fenólicos a quinonas, que são posteriormente polimerizadas a pigmentos de cor escura (Granato, Castro, Vilas, Wiecheteck, & Masson, 2011; Simonovska, 2000; Yoshida, Ono, Mori, Chuda, & Mori, 2002), fazendo com que a coloração da farinha também fique escura, o que explica o resultado de luminosidade da cor objetiva (74,94).

3.2 Massa crua

Para o teor de proteínas sais solúveis (SSP) na massa crua, além do modelo completo ($P = 0,7431$; $R^2 = 0,5054$), nenhum dos coeficientes de regressão foram significativos ($P > 0,10$), indicando que a SSP não foi afetada pela adição de CMS e ou FY. Gillett, Meiburg, Brown, & Simon (1977), reportaram que as SSP representam o melhor índice de previsão da estabilidade da massa crua.

Entretanto apesar deste índice não ser afetado pelos tratamentos, o coeficiente de regressão (CR) linear da CMS foi significativo tanto para o percentual de fluido exsudado (TFExs; $CR = 1,3897$; $P < 0,10$) quanto para o percentual de gordura no exsudado (GExs; $CR = 16,0068$; $P < 0,05$) na análise de EE. O modelo completo não foi significativo para ambos os atributos, sendo possível ajustar apenas o modelo matemático para GExs em função da CMS ($y = 17,1837 + 16,0081.x_i$; $P = 0,0255$; $R^2 = 0,7489$).

Assim, maiores níveis de CMS prejudicaram a formação de uma emulsão mais estável, visto que aumentou linearmente a quantidade de líquido exsudado (0,70 a 1,81 %), onde grande parte era gordura (0 a 52 %). Esta menor estabilidade de emulsão é, provavelmente, devido à desnaturação proteica

ocasionada pela desossa mecânica durante a obtenção da CMS (Bodner & Sieg, 2009), especialmente das proteínas miofibrilares, reduzindo sua capacidade de retenção de água e de emulsificação. A CMS perde uma parte de sua capacidade para imobilizar água adicionada, quando comparada com a carne *in natura*, uma vez que quando uma parte da proteína miofibrilar é danificada durante a produção da CMS, sua disposição em promover a emulsão com a gordura é dificultada, resultando numa maior quantidade de líquido que se separa e evapora durante o processo de cozimento do produto cárneo (Bodner & Sieg, 2009; Froning, 1981). Isto está de acordo com a observação de Pereira et al., (2011), de que o aumento na concentração de CMS em um produto emulsionado (salsicha) resultou em uma maior quantidade de líquido separado e evaporado durante o processo de cozimento. Trindade, Castilho, & Felício (2006) também, que reportaram uma média de 2,59 % de perda de exsudado no cozimento de emulsões de salsichas elaboradas com CMS de galinhas poedeiras como única matéria-prima cárnea.

3.3 Caracterização tecnológica das amostras

Os valores de umidade das amostras variaram de 61,38 a 65,57%, o teor de gordura de 12,48 a 14,39%, enquanto os percentuais proteína oscilaram de 9,23 a 12,24%. A legislação brasileira (BRASIL, 2001) estabelece um máximo de 65% de umidade, 30% de gordura e mínimo de 12% de proteína para mortadelas. O teor de umidade das mortadelas foi afetado pelos tratamentos (Tabela 2).

O modelo completo foi significativo ($P < 0,05$) apenas para a umidade, sendo possível construir uma superfície de resposta em função dos níveis de adição de CMS e FY (Figura 1A). O aumento na adição de FY reduziu ligeiramente o teor de umidade das amostras, o que indica uma pequena

participação da farinha na CRA das mortadelas, o que também foi observado nos estudos de (Teixeira, 2011), que atribui a diminuição da umidade à substituição de carne pela farinha em apresuntados.

O principal efeito, no entanto, foi oriundo do aumento da quantidade de CMS utilizada, que aumentou linearmente a umidade das mortadelas. Esse resultado também pode estar associado à diminuição de proteínas miofibrilares devido à substituição da CMS pela massa cárnea (carne + toucinho), afetando a capacidade de retenção de água (Aberle, Forrest, Hedrick, & Merkel, 1989; Action & Saffle, 1972), conseqüentemente maior teor de água livre na emulsão. O mesmo comportamento foi observado nos estudos envolvendo a adição de CMS em salsichas (Pereira et al., 2011).

Quanto ao teor de proteínas, apesar do modelo completo não ter sido significativo ($P > 0,05$), foi possível ajustar um modelo matemático em função apenas da variável CMS ($y = 10,8415 - 1,4464.x_j$; $P = 0,0130$; $R^2 = 0,9216$). Pela equação, maiores adições de CMS implicam em menores valores de proteína, o que já era esperado, visto que a CMS apresentou menor teor de proteínas que a carne utilizada nesse experimento.

Da mesma forma que o modelo completo, o modelo matemático ajustado a partir dos coeficientes de regressão significativos (Tabela 2) não foi significativo para o teor de gordura ($P = 0,0564$). Apesar de não ter sido possível ajustar o modelo para a variável gordura, os coeficientes significativos sugerem que a adição de CMS teve um efeito positivo mais forte do que a FY, sendo afetado tanto pelo componente linear quanto quadrático. Isto é justificável, já que o percentual de gordura da CMS foi calculado em 23,40%, contra 5,33% da carne. Sendo assim, substituindo a massa cárnea (carne+toucinho) pela CMS, em que o toucinho tinha proporcionalmente uma menor participação que a carne, naturalmente aumentaria o teor de gordura das amostras de mortadela.

Tabela 2 Coeficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para a composição centesimal e teor de cálcio de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

	Umidade (%)		Proteína (%)		Gordura (%)		Cinzas (%)		Cálcio (% m.s.)	
	CR	EP	CR	EP	CR	EP	CR	EP	CR	EP
Constante	63,5885¹	0,0786	10,6005¹	0,2712	14,1286³	0,1627	1,2614	0,0273	0,1564²	0,0239
CMS	1,4497¹	0,0482	-1,4464²	0,1663	0,3779³	0,0998	-0,0477	0,0167	0,0887²	0,0146
CMS x CMS	-0,0425	0,0575	0,3201	0,1985	-0,3779²	0,1191	-0,0037	0,0199	0,0137	0,0175
FY	-0,1470³	0,0482	-0,0850	0,1663	-0,5233	0,0998	0,0397	0,0167	-0,0063	0,0146
FY x FY	0,1040	0,0575	0,0122	0,1985	-0,1343	0,1191	0,0029	0,0199	-0,0138	0,0175
CMS x FY	0,0283	0,0681	0,0875	0,2349	0,1688	0,1409	-0,0005	0,0236	-0,0064	0,0207
R ²	0,9926		0,9604		0,8026		0,7827		0,8554	
<i>P values</i>										
<i>Regressão</i>	0,0054		0,0608		0,0859		0,2869		0,1197	
<i>LOF</i>	0,4047		0,7612		0,2196		0,6682		0,4222	

LOF = falta de ajuste; % m.s. = % em massa seca

¹ $p < 0,01$; ² $p < 0,05$; ³ $p < 0,10$

O modelo completo também não foi significativo ($P > 0,05$) para o teor de cálcio, sendo o modelo matemático ajustado em função apenas da variável CMS ($y = 0,0956 + 0,0512x_i$; $P = 0,0316$; $R^2 = 0,8014$). Ou seja, a adição de FY não influenciou o teor de cálcio das amostras, o que se justifica pelo fato de tubérculos de yacon serem pobres em cálcio. O mineral mais abundante presente no yacon é o potássio, sendo encontrados em menores quantidades cálcio, fósforo, manganês, sódio, ferro, zinco, magnésio e cobre (Manrique, Párraga, & Hermann, 2005).

Contudo, maiores adições de CMS aumentaram o teor de cálcio das amostras. Esse efeito já era esperado, pois na produção da CMS, partículas de ossos são incorporadas na massa cárnea a partir dos ossos dos frangos, que se quebram durante o processo de trituração e obtenção da CMS (Grunden & Macneil, 1973). Inclusive a percepção de partículas de ossos pode ser um dos fatores limitantes para a aceitação de mortadelas contendo 60% ou mais de CMS (Pereira et al., 2011).

O modelo matemático completo foi significativo para os valores de pH e nitrito residual (NO_2R), mas não foi significativo ($P > 0,05$) para a atividade de água (A_w) das amostras (Tabela 3).

Tabela 3 Coeficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para os valores de pH, atividade de água (Aw) e nitrito residual (NO₂R) de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

	pH		Aw		NO ₂ R (ppm)	
	CR	EP	CR	EP	CR	EP
Constante	6,3485¹	0,0159	0,9677¹	0,0004	10,7988²	1,1092
CMS	0,1549¹	0,0097	0,0015²	0,0002	13,4348¹	0,6803
CMS x CMS	0,0237	0,0116	0,0008	0,0003	6,3113²	0,8117
FY	-0,0170	0,0097	-0,0019²	0,0003	-1,8831	0,6803
FY x FY	-0,0115	0,0116	-0,0007	0,0003	2,4503³	0,8117
CMS x FY	-0,0387	0,0138	0,0005	0,0004	-1,7221	0,9606
R ²	0,9783		0,8609		0,9707	
<i>P values</i>						
Regressão	0,0184		0,0513		0,0105	
LOF	0,4560		0,1825		0,2073	

LOF = falta de ajuste

¹p<0,01; ²p<0,05; ³p<0,10

Com o aumento da quantidade de CMS adicionada, houve um aumento nos valores de pH das mortadelas, que corrobora com os dados reportados por Pereira et al., (2011). Esses resultados são justificados pelo maior valor de pH da CMS (pH = 6,81) quando comparado à carne *in natura* utilizada (pH = 5,25).

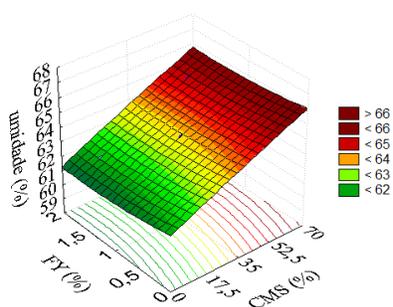
A partir dos coeficientes significativos, foi possível ajustar um modelo matemático (P = 0,0240; R² = 0,7106) que predita os valores de atividade de água (Aw) em função da adição de CMS e FY, sendo representado na Figura 1B.

Houve um aumento linear da Aw com o aumento das concentrações de CMS, sendo o contrário observado para a adição de FY, o que também já era esperado, visto que a inulina e os FOS possuem uma natureza higroscópica, tendo maior capacidade de retenção de água (Handa, Goomer, & Siddhu, 2011), devido aos grupos OH que estão disponíveis para ligação na sua constituição química, sendo capazes de interagir com a água, por ligações de hidrogênio, demonstrando propriedades umectantes, reduzindo a atividade de água e

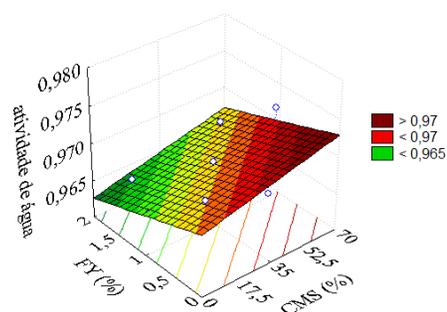
garantindo sua estabilidade microbiológica (Crittenden & Playne, 1996; Roberfroid, 1993; Simonovska, 2000).

A partir do modelo completo (Tabela 3), foi possível construir a superfície de resposta dos valores de nitrito residual (NO_2R) em função dos níveis de CMS e FY adicionados nas mortadelas. A principal variável a afetar os valores de NO_2R foi a CMS, sendo que níveis de adição acima de 35% induziram a um grande aumento nos valores de NO_2R (Figura 1C).

Umidade



Atividade de água



Nitrito residual (NO_2R)

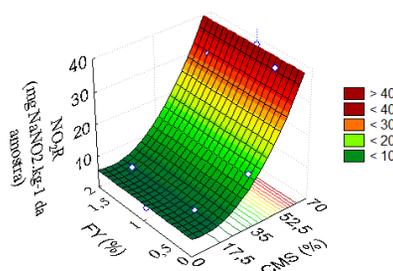


Figura 1 Superfícies de resposta para os valores de umidade (1A), atividade de água (1B) e nitrito residual - NO_2R (1C) das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

Como a CMS de frango pode apresentar teores mais reduzidos de pigmentos heme do que a carne bovina, a substituição de carne por CMS, tende

a gerar menos pigmentos heme totais para a reação com o íon nitrito. Sendo assim os valores de nitrito residual correspondem à quantidade de nitrito que não reage com a mioglobina e outros componentes nesses produtos cárneos (Bloukas, Arvanitoyannis, & Siopi, 1999; Ramos & Gomide, 2007). Resultados semelhantes foram encontrados por Massingue (2012), que encontrou maiores teores de nitrito residual nas amostras de mortadelas de carne ovina adicionadas de CMS.

3.4 Grau de oxidação lipídica

O grau de oxidação das mortadelas foi avaliado medindo-se o índice de peróxido (IP) e as substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS). De acordo com Araújo, (2011) o IP é um indicador muito sensível da oxidação lipídica apenas no estágio inicial da oxidação, uma vez que ao atingir certo nível de concentração, podem ocorrer degradação de hidroperóxidos e formação de compostos de baixo peso molecular, como aldeídos, podendo ser mensurados pelo índice de TBARS.

No entanto, não foi possível confirmar os efeitos da adição de CMS ou da FY sobre a oxidação lipídica das amostras de mortadelas, já que não foi possível construir um modelo representativo com o modelo completo ($P = 0,6561$; $R^2 = 0,6167$), além de nenhum dos coeficientes de regressão terem sido significativos ($P > 0,10$).

Apesar de não ser possível construir um modelo representativo, já que tanto o modelo completo ($P = 0,0945$; $R^2 = 0,5610$), quanto o modelo ajustado ($P = 0,0540$; $R^2 = 0,5397$) não foram significativos para o índice de TBARS, o coeficiente linear significativo do TBARS para a CMS indica um efeito positivo e linear sobre a oxidação lipídica das amostras de mortadelas com o uso deste ingrediente.

Uma vez que alguns estudos justificam que a CMS é susceptível à oxidação lipídica (Field, 1988; Trindade et al., 2006) devido, entre outros fatores, à ruptura das membranas celulares, à presença de lipídios insaturados e pigmentos heme, incorporação de ar, contato com metais e temperaturas aumentadas durante a separação mecânica, era esperado um aumento na oxidação lipídica com a adição da CMS. Por outro lado, os estudos de Pereira et al., (2011) também não detectaram diferenças significativas nos valores de TBARS nas amostras de salsichas com maiores concentrações de CMS e os autores justificaram que pelo fato da CMS ter sido utilizada logo depois de ser extraída, o tempo pode não ter sido suficiente para a ocorrência de reações de oxidação, o que não se justificaria nesse estudo, já que a CMS não foi utilizada imediatamente após a obtenção.

Além disso, o fato adição de CMS ter induzido um grande aumento nos valores de NO_2R pode ter alguma relação com o aumento da oxidação lipídica.

3.5 Cor objetiva

O índice de vermelho (a^*) não apresentou coeficientes de regressão foram significativos ($P > 0,10$), não sendo possível ajustar um modelo matemático que descrevesse os efeitos. No entanto, todos os demais parâmetros apresentaram algum coeficiente significativo ($P < 0,10$), conforme a Tabela 4.

Estudos com produtos cárneos mostram diferentes resultados envolvendo a adição de CMS e o índice a^* . Freitas, Silva, Mano, & Chaves, (2004), observaram um aumento nos valores de a^* em mortadelas com maiores concentrações de CMS, o que segundo Pereira et al., (2011) é um fator negativo para os consumidores.

Por outro lado, em seus estudos, Trindade et al., (2005) relatam que quanto maior a quantidade de CMS adicionada nas amostras de mortadelas,

menores foram os valores de a^* . Pereira et al., 2011 também observaram um efeito negativo do aumento de CMS no valor de a^* , mostrando que quanto maior o percentual de CMS adicionado, menos vermelhas se apresentaram as amostras de salsichas analisadas.

A partir dos coeficientes significativos, foi possível ajustar um modelo matemático ($P = 0,0404$; $R^2 = 0,9092$) que predita os valores de luminosidade (L^*) em função da adição de CMS e FY. O uso de CMS reduziu os valores de L^* (Figura 2A). Pereira et al., (2011) observaram que a diminuição da CMS resultou na redução do teor de gordura e conseqüentemente diminuiu o valor de L^* das salsichas identificando que, provavelmente, houve menor dispersão da luz, que geralmente está associada às propriedades de dispersão da gordura, o que pode ter ocorrido nesse estudo, já que como foi mostrado anteriormente, os coeficientes significativos do teor de gordura sugeriam que a adição de CMS teve um efeito positivo, aumentando o teor de gordura das amostras de mortadela.

A relação água/gordura também foi associada em alguns estudos, mostrando que a diminuição dos valores de luminosidade de produtos cárneos processados, pode ser consequência da redução da dispersão da luz, que por sua vez está relacionada à dispersão da gordura na massa (Jorge et al., 2015; Pereira et al., 2011; Pietrasik, 1999; Ramos & Gomide, 2007; Viuda-Martos et al., 2010).

Tabela 4 Coeficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para os parâmetros de cor instrumental de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

	L*		a*		b*		C*		h*	
	CR	EP	CR	EP	CR	EP	CR	EP	CR	EP
Constante	60,464¹	0,3629	12,5456¹	0,12197	15,598¹	0,1961	20,017¹	0,2267	51,189¹	0,1386
CMS	-0,9534³	0,2225	-0,0957	0,07480	0,3673³	0,1203	0,2178	0,1390	0,9226¹	0,0850
CMS x CMS	-0,8429³	0,2655	0,0088	0,08926	-0,3685	0,1435	-0,2773	0,1659	-0,7181²	0,1014
FY	-1,4212²	0,2225	0,0949	0,07480	0,9490²	0,1203	0,7936²	0,1390	1,5438¹	0,0850
FY x FY	-0,4506	0,2655	-0,1169	0,08926	-0,1446	0,1435	-0,1742	0,1659	-0,0693	0,1014
CMS x FY	-0,3300	0,3142	-0,0400	0,10563	-0,0725	0,1699	-0,0625	0,1964	-0,1625	0,1200
R ²	0,9092		0,4978		0,7664		0,7441		0,7389	
<i>P values</i>										
<i>Regressão</i>	0,0651		0,5618		0,0603		0,1175		0,0099	
<i>LOF</i>	0,8670		0,4999		0,1936		0,4917		0,0172	

L*= luminosidade; a* = índice de vermelho; b* = índice de amarelo; C* = saturação; h* = ângulo de tonalidade; LOF = falta de ajuste
¹p<0,01; ²p<0,05; ³p<0,10

Já o aumento na adição de FY reduziu os valores de L^* , tornando as amostras mais escuras (Figura 2A). Ao pesquisar a adição de FY em apresuntados, Contado, (2011) também encontrou menor valor de L^* em relação ao controle para a amostra com farinha de yacon, prejudicando o atributo impressão global da avaliação hedônica. Segundo a autora, a coloração mais escura pode ter sido causada pela oxidação dos compostos fenólicos presentes no yacon.

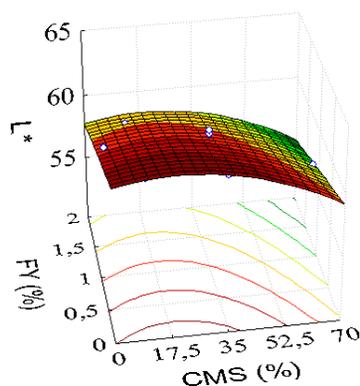
Estudos com mortadelas comerciais (Jorge et al., 2015) apontam que a L^* é um parâmetro importante na aceitação desse produto, já que a ‘coloração rosa clara’ atribuída a amostra mais aceita no teste hedônico contribuiu positivamente para aceitação desses produtos. Nesse contexto, estudos sensoriais relacionando adição de CMS e FY adicionadas em mortadelas são necessários para reproduzir as quantidades que seriam possivelmente adequadas para favorecer a aceitação desses produtos.

Também foi possível, a partir dos coeficientes significativos, ajustar um modelo matemático para os valores do índice de amarelo (b^*) em função da adição de CMS e FY ($y = 15,2264 + 0,3673x_1 + 0,9490x_2$; $P = 0,0272$; $R^2 = 0,7664$). Maiores concentrações de FY e de CMS, resultaram em aumentos lineares nos valores de b^* , indicando uma forte participação desta coordenada de cromaticidade na coloração das mortadelas.

Isso condiz com os maiores valores observados no ângulo de tonalidade (h^*) das amostras (Figura 2B) à medida que se adiciona FY, o que indica uma tonalidade mais amarelada nas mortadelas. Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira, (2011), que atribuiu às maiores quantidades de farinha e extrato de yacon adicionadas em apresuntados aos maiores valores de b^* , possivelmente devido aos compostos de cor amarela presentes nos produtos oriundos do yacon. Além da FY, maiores concentrações de CMS também aumentaram os valores de h^* , o que pode estar relacionada com a tonalidade

acinzentada da CMS. Maiores valores de h^* , podem indicar tonalidades menos vermelhas e mais amarelas, prejudicando a aceitação desse produto (Jorge et al., 2015).

Luminosidade



Ângulo de tonalidade

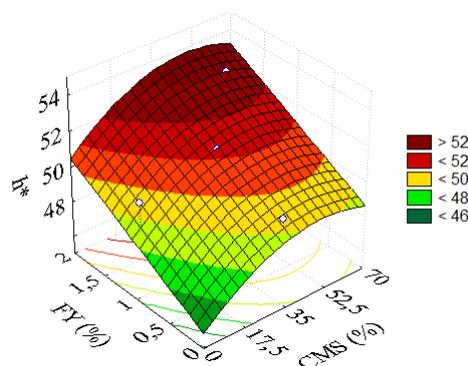


Figura 2 Superfície de resposta para os valores de luminosidade - L^* (2A) e do ângulo de tonalidade - h^* (2B) das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

Apesar da CMS não ter afetado a saturação (C^*) das amostras nesse estudo, foi possível ajustar um modelo matemático ($y = 19,69 + 0,7936x_2$; $P = 0,0293$; $R^2 = 0,7441$) em função da adição de FY. Pelo modelo, houve um aumento linear nos valores de C^* com o aumento das concentrações de FY, sugerindo que maiores concentrações de farinha aumentaram a intensidade da cor das mortadelas, indicando uma tendência para o amarelo e menor saturação, também condizente com a coloração mais escura evidenciada pela luminosidade, resultados também encontrados nos estudos de Contado, (2009).

No entanto, estudos de Viuda-Martos et al., (2010) mostram que a adição de resíduos de *citrus* em mortadelas não apresentaram nenhum efeito significativo nos parâmetros de cor e esse resultado foi atribuído ao fato da fibra

tornar-se parte da matriz estrutural da emulsão, provocando o desaparecimento, em termos de cor, de todos os pigmentos dissolvidos.

3.6 Análise do perfil de textura

Para o atributo dureza, apenas o coeficiente de regressão linear da CMS foi significativo ($CR = 0,0928$; $P < 0,10$), mas não foi possível ajustar um modelo matemático a partir da CMS ($P = 0,1982$; $R^2 = 0,3354$). No entanto, esta significância indica que o aumento da CMS reduziu de forma significativa a dureza das amostras, o que corrobora a observação de que a CMS pode prejudicar a textura quando adicionada em produtos cárneos. Este efeito negativo sobre a dureza pode ser devido à consistência pastosa da CMS, oriunda do processo mecânico de remoção da carne do osso, que provoca quebra de células, desnaturação de proteínas e aumento de lipídios durante sua fabricação (Froning, 1981; Pereira et al., 2011).

Outros estudos sobre a textura de produtos cárneos relataram que o aumento dos níveis de CMS em salsichas pode afetar adversamente a firmeza do produto final, aumentando a sua coesão (Daros, Masson, & Amico, 2005; Pereira et al., 2011), bem como níveis de gordura mais baixos parecem resultar em menor coesão (Cáceres, García, & Selgas, 2008; Nowak, von Mueffling, Grotheer, Klein, & Watkinson, 2007; Pereira et al., 2011), especialmente em amostras com baixos níveis de proteína (Pietrasik, 1999). No entanto, nenhum desses efeitos pode ser observado nesse estudo.

Das propriedades de textura analisadas, a adesividade nas mortadelas foi o único parâmetro que parece ter sido influenciada pelos efeitos da adição de CMS e FY, sendo o modelo quantificado da regressão descrito na Tabela 5.

Tabela 5 Coeficientes de regressão (CR) e erro padrão (EP) para as variáveis codificadas do modelo matemático polinomial para parâmetros de textura de mortadelas adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

	Adesividade (kg.mm)	
	CR	EP
Constante	0,1607¹	0,0023
CMS	-0,0180¹	0,0014
CMS x CMS	0,0012	0,0017
FY	-0,0038	0,0014
FY x FY	0,0030	0,0017
CMS x FY	-0,0081³	0,0020
R ²	0,3033	
<i>P values</i>		
Regressão	0,0262	
LOF	0,0076	

LOF = falta de ajuste

¹ $p < 0,01$; ² $p < 0,05$; ³ $p < 0,10$

A partir do modelo completo para a variável adesividade, foi possível construir a superfície de resposta em função das concentrações de CMS e FY (Figura 3), onde se verifica uma interação entre os efeitos da adição de CMS e FY sobre a adesividade das amostras de mortadelas, visto que as maiores concentrações de FY parecem ter contribuído mais efetivamente para o aumento da adesividade, porém reduzindo em quantidades maiores de CMS, sendo o inverso observado para a CMS.

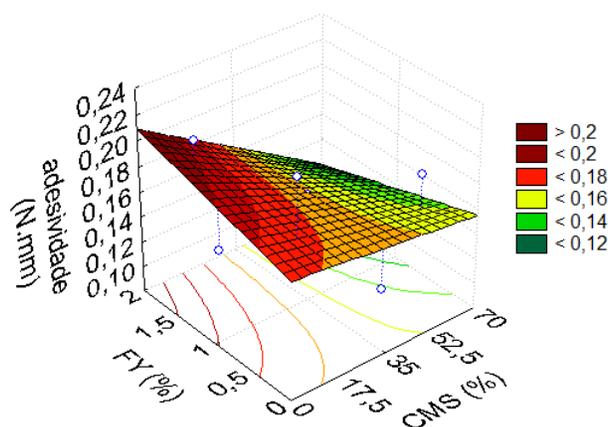


Figura 3 Superfície de resposta para os valores no adesividade das amostras de mortadelas em função das concentrações de carne mecanicamente separada (CMS) e farinha de yacon (FY)

Ramos & Gomide, (2007) explicam que o exsudado proveniente das amostras, podem conter proteínas e hidrocolóides que proporcionam uma consistência pegajosa, tendenciando a um aumento da aderência do alimento à superfície da *probe* do aparelho durante o teste de TPA. Sendo assim, mesmo não tendo sido possível identificar o efeito da adição de farinha de yacon nas mortadelas, o aumento de FOS proveniente da farinha pode ter favorecido a formação de géis proteicos mais compactos, diminuindo a ligação com a água e aumentando as perdas por cozimento, assim como nos estudos de Cáceres et al., (2004). Essa informação corrobora com os resultados de Teixeira, (2011), que também encontraram uma maior adesividade para amostras de presuntos adicionados de farinha de yacon. No entanto, o mesmo não ocorreu com a adição de CMS, já que os dados da análise de estabilidade de emulsão mostraram que maiores níveis de CMS aumentaram linearmente a quantidade de líquido exsudado da massa, como foi visto.

Nenhum dos coeficientes de regressão foram significativos ($P > 0,10$) para a flexibilidade ($P = 0,4535$; $R^2 = 0,5208$) e mastigabilidade ($P = 0,4836$; $R^2 =$

0,4040), não sendo possível ajustar nenhum modelo matemático para descrever os efeitos da adição de CMS ou FY para esses parâmetros.

4 CONCLUSÃO

Os altos teores de frutoligossacarídeos e fibra alimentar total encontrados na farinha e no extrato de yacon mostraram potencial de uso desses produtos como fonte de FOS e FA para enriquecimento nutricional de alimentos processados. O estudo mostrou uma interação entre os efeitos da adição de CMS e FY sobre a adesividade das amostras de mortadelas, onde as maiores concentrações de FY contribuíram para o aumento da adesividade, sendo efeito contrário apresentado pela adição de CMS. As maiores concentrações estudadas para ambas as variáveis (2 e 70%, para FY e CMS, respectivamente), poderiam ser indicadas para a otimização das amostras, despontando a possibilidade do desenvolvimento de um produto acrescido de FOS com boas características tecnológicas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa pela doação das tripas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro à execução do projeto; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberle, E., Forrest, J., Hedrick, H., & Merkel, R. (1989). *Principles of meat science*. London (p. Cap. 7 135–175). London: Kendal/Hunt.
- Action, J. C., & Saffle, R. L. (1972). Emulsifying capacity of muscle protein: phase volumes at emulsion collapse. *Journal of Food Science*, 37(3), 904–906.
- Adam, M., Juklová, M., Bajer, T., Eisner, A., & Ventura, K. (2005). Comparison of three different solid-phase microextraction fibres for analysis of essential oils in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves. *Journal of Chromatography A*, 1084(1-2), 2–6. doi:10.1016/j.chroma.2005.05.072
- Alvarez, P. P., Jurado, B., Calixto, M., Incio, N., Jesús, S., Nacional, U., & San, M. De. (2008). Prebiótico Inulina/Oligofruktosa en la Raíz del Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Fitoquímica y Estandarización como Base de Estudios Preclínicos y Clínicos. *Rev Gastroenterol*, 28, 22–27.
- AOAC. (2002). *Official Analytical Chemists*. (Gailb. MD: Association of Official Analytical Chemistry, Ed.) (17th ed.).
- Araújo, J. M. A. (2011). Oxidação de lipídeos em alimentos. In: In *Química de alimentos: Teoria e prática* (5th ed., pp. 15–122.). Viçosa, MG.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of the AOAC International (2000). Gaithersburg: Horwitz.
- Bloukas, J. G., Arvanitoyannis, I. S., & Siopi, A. A. (1999). Effect of natural colourants and nitrites on colour attributes of frankfurters. *Meat Science*, 52, 257–265.
- Bodner, J. N., & Sieg, J. (2009). Ingredients in meat products, by springer. In R. Tarté (Ed.), *Fibers* (pp. 83–110). New York, Springer.
- Bornet, F. (1994). Undigestible sugars in food products. *Am J Clin Nutr*, 59(3), 763S–769. Retrieved from <http://ajcn.nutrition.org/cgi/content/long/59/3/763S>

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos., Pub. L. No. RDC n 12, de 02 de janeiro de 2001 (2001).
- Cáceres, E., García, M. L., & Selgas, M. D. (2008). Effect of pre-emulsified fish oil - as source of PUFA n-3 - on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Science*, *80*(2), 183–93. doi:10.1016/j.meatsci.2007.11.018
- Cáceres, E., García, M. L., Toro, J., & Selgas, M. D. (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat Science*, *68*(1), 87–96. doi:10.1016/j.meatsci.2004.02.008
- Castro, A., Céspedes, G., Carballo, S., Bergenståhl, B., & Tornberg, E. (2013). Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Research International*, *50*(1), 392–400. doi:10.1016/j.foodres.2012.10.048
- Contado, E. W. N. F. (2009). *Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos de yacon (Smallanthus sonchifolia)*. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.
- Crittenden, R. G., & Playne, M. J. (1996). Production , properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, *7*(November), 353–361.
- Daros, F. G., Masson, M. L., & Amico, S. C. (2005). The influence of the addition of mechanically deboned poultry meat on the rheological properties of sausage. *Journal of Food Engineering*, *68*, 185–189. doi:DOI:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.030
- Dutra, M. P., Ramos, E. M., Aroeira, C. N., Ramos, A. L. S., Silva, M. H. L., Contado, J. L., & Pereira, M. T. (2014). Gamma radiation and sodium nitrite on chemical composition and. *Ciência Rural*, *44*(6), 1134–1140.
- Dutra, M. P., Ramos, E. M., Ramos, A. L. S., Fontes, P. R., Cardoso, G. P., & Leal, A. S. (2011). Radiação gama e tempo de armazenamento sobre a oxidação lipídica , cor objetiva , pigmentos heme e nitrito residual de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de nitrito. *Ciência Rural*, *41*(12), 2203–2209.

- Dzazio, C. H., Macedo, D. C., Costa, J. A., Anjos, M. M., & Francisco, A. C. (2007). Análise de aceitação e elaboração do pão integral com batata yacon (*Polymnia sonchifolia*) in natura. *V Semana de Tecnologia Em Alimentos.*, 2(1).
- Field, R. A. (1988). Mechanical separated meat of poultry and fish. Edible meat by products: advances in meat research. *Elsevier Applied Science*, 5, 83–126.
- Freitas, M. Q., Silva, T. J. P., Mano, S. B., & Chaves, J. B. P. (2004). Medidas instrumentais de medida e cor, em mortadela produzida com carne mecanicamente separada de frango. *Higiene Alimentar*, 18(126-127), 60–70.
- Froning, G. . (1981). Mechanical deboning of poultry and fish. *Advances in Food Research*, 27, 109–147.
- Galante, R. M. (2008). *Extração de inulina do alho (Allium sativum L. var. Chonan) e simulação dos processos em batelada e em leito fixo*. Universidade Federal de Santa Maria - Florianópolis, Brasil.
- Gay, C. A., & Gebicki, J. M. (2002). Perchloric acid enhances sensitivity and reproducibility of the ferric-xylenol orange peroxide assay. *Analytical Biochemistry*, 304(1), 42–6. doi:10.1006/abio.2001.5566
- Genta, S., Cabrera, W., Habib, N., Pons, J., Carillo, I. M., Grau, A., & Sánchez, S. (2009). Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 28(2), 182–7. doi:10.1016/j.clnu.2009.01.013
- Gillett, T. A., Meiburg, D. E., Brown, C. L., & Simon, S. (1977). Parameters affecting meat protein extraction and interpretation of model system data for meat emulsion formation. *Journal of Food Science*, 49(6), 1606–1610.
- Graefe, S., Hermann, M., Manrique, I., Golombek, S., & Buerkert, a. (2004). Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research*, 86(2-3), 157–165. doi:10.1016/j.fcr.2003.08.003

- Granato, D., Castro, I. A. De, Vilas, F., Wiecheteck, B., & Masson, M. L. (2011). Influence of Passion Fruit Juice on Colour Stability and Sensory Acceptability of Non-Sugar Yacon-Based Pastes, *54*(February), 149–159.
- Grau, A., & Rea, J. (1997). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). In *Herman, M., Heller (Eds.), Andean Root and Tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon. IPGRI, Rome.* (pp. 199–240).
- Grunden, L. P., & Macneil, J. H. (1973). Examination of bone content in mechanically deboned poultry meat by edta and atomic absorption spectrophotometric methods. *Journal of Food Science*, *38*(4), 712–713. doi:10.1111/j.1365-2621.1973.tb02851.x
- Handa, C., Goomer, S., & Siddhu, A. (2011). Physicochemical properties and sensory evaluation of fructoligosaccharide enriched cookies. *Journal of Food Science and Technology*, *49*(2), 192–9. doi:10.1007/s13197-011-0277-4
- Hoek, A. C., Luning, P. a, Weijzen, P., Engels, W., Kok, F. J., & de Graaf, C. (2011). Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, *56*(3), 662–73. doi:10.1016/j.appet.2011.02.001
- Hughes, E., Cofrades, S., & Troy, D. J. (1997). Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science*, *45*(3), 273–81. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22061466>
- Jorge, É., Mendes, A., Auriema, B., Cazedey, H., Fontes, P., Ramos, A., & Ramos, E. (2015). Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat Science*, *100*, 124–133. doi:10.1016/j.meatsci.2014.10.002
- Knipe, C. L., Oldon, D. G., & Rust, R. E. (1985). Effects of selected inorganic phosphates, phosphates levels and reduced sodium chloride levels on protein solubility and pH of meat emulsions. *Journal of Food Science*, *50*(3), 1010–1013.
- Ku, Y., Jansen, O., Oles, C. J., Lazar, E. Z., & Rader, J. I. (2003). Precipitation of inulins and oligoglucoses by ethanol and other solvents. *Food Chemistry*, *81*(1), 125–132. doi:10.1016/S0308-8146(02)00393-X

- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). *Jarabe de yacón: Principios y procesamiento* (p. 31). Lima, Perú.
- Massingue, A. A. (2012). *SEPARADA DE AVES NA ELABORAÇÃO DE*. Universidade Federal de Lavras - UFLA.
- Moscatto, J. A., Prudêncio-Ferreira, S. H., & Haully, M. C. O. (2004). Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate 1. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 24(4), 634–640.
- Moura, C. P. (2004). *Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (Polymnia sonchifolia) com pré-tratamento osmótico*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Narai-Kanayama, a, Tokita, N., & Aso, K. (2007). Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. *Journal of Food Science*, 72(6), S381–7. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00422.x
- Nowak, B., von Mueffling, T., Grotheer, J., Klein, G., & Watkinson, B.-M. (2007). Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. *Journal of Food Science*, 72(9), S629–38. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00566.x
- Ojansivu, I., Ferreira, C. L., & Salminen, S. (2011). Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(1), 40–46. doi:10.1016/j.tifs.2010.11.005
- Pereira, A. G. T., Ramos, E. M., Teixeira, J. T., Cardoso, G. P., Ramos, A. de L. S., & Fontes, P. R. (2011). Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Meat Science*, 89(4), 519–25. doi:10.1016/j.meatsci.2011.05.022
- Pereira, A., Vidal, T., Teixeira, M., Oliveira, P., Pompeu, R., Vieira, M., & Zapata, J. (2011). Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 135–140.

- Pereira, S. C. L., Monteiro, M. R. P., Henriques, G. S., Uliana, F., & Herbst, W. L. (2009). Avaliação do efeito hipogliceminante da farinha e do extrato de yacon (*Polyminia sonchifolia*) em ratos diabéticos. *Nutrire: Revista Da Sociedade de Alimentação E Nutrição-Journal of the Brazilian Society of Food and Nutrition*, 34, 415–415.
- Pietrasik, Z. (1999). Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. *Meat Science*, 51, 17–25.
- Quinteros, T. (2000). *Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon*. Universidade Estadual de Campinas.
- Raharjo, S., & Sofos, J. N. (1993). Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat Science*, 35(2), 145–69. doi:10.1016/0309-1740(93)90046-K
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da Qualidade de Carnes - Fundamentos e Metodologias*. (UFV, Ed.) (p. 599).
- Ribeiro, J. A. (2008). *Estudos químico e bioquímico do yacon (Smallanthus sonchifolius) e influência do seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos*. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.
- Risso, F. V. a., Mazutti, M. a., Treichel, H., Costa, F., Maugeri, F., & Rodrigues, M. I. (2009). Comparison Between Systems for Synthesis of Fructooligosaccharides from Sucrose Using Free Inulinase from *Kluyveromyces marxianus* NRRL Y-7571. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1), 331–337. doi:10.1007/s11947-009-0272-1
- Rivera, D., & Marinque, I. (2005). *Zumo de Yacón - Ficha Técnica*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- Roberfroid, M. (1993). Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 33(2), 103–148.
- Rodrigues, F. (2011). *Avaliação da farinha de yacon (Smallanthus sonchifolius) na modulação das propriedades biomecânicas e na retenção de minerais nos ossos de ratos wistar*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- Rosa, C. S., Oliveira, V. R., Viera, V. B., Gressler, C., & Viegas, S. (2009). Elaboração de bolo com farinha de Yacon. *Ciência Rural*, 39(6), 1869–1872.
- Sangeetha, P. T., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Recent trends in the microbial production, analysis and application of Fructooligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 16(10), 442–457. doi:10.1016/j.tifs.2005.05.003
- Santana, I., & Cardoso, M. H. (2008). Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais Yacon. *Ciência Rural*, 38(3), 898–905.
- Silva, A. S. S., Haas, P., Beber, R. C., Batista, S. M. M., Anton, A. M., & Francisco, A. (2006). Avaliação da resposta glicêmica em mulheres saudáveis após a ingestão de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura, cultivadas no estado de santa catarina - Brasil. *Alim. Nutr.*, 17(2), 137–142.
- Silva, G., Morais, H. A., Gon, R., Oliveira, L., Pinto, M., & Silvestre, C. (2003). Avaliação da estabilidade e da qualidade do patê de presunto , adicionado de globina bovina e de caseinato de sódio. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 23(1), 10–15.
- Simonovska, B. (2000). Determination of Inulin in Foods - Technical Communications. *Journal of AOAC International*, 83(3), 675–678.
- Teixeira, A. P., Paiva, C. F., Resende, A. J., & Zandonadi, R. P. (2009). O efeito da adição de yacon no suco de laranja industrializado sobre a curva glicêmica de estudantes universitários. *Alim. Nutr.*, 20(2), 313–319.
- Teixeira, J. (2011). *Elaboração de apresuntado formulado com farinha e extrato de yacon (Smallanthus sonchifolius)*. Universidade Federal de Lavras. Retrieved from <http://repositorio.ufla.br/handle/1/1585>
- Trindade, M. A., Castilho, C. J. C., & Felício, P. E. (2006). Mortadella sausage formulations with mechanically separated layer hen meat preblended with antioxidants. *Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil)*, 63(3), 240–245.
- Trindade, M. A., Contreras, C. C., & Felício, P. E. (2005). Mortadella Sausage Formulations with Partial and Total Replacement of Beef and Pork Backfat

with Mechanically Separated Meat from Spent Layer Hens. *Journal of Food Science*, 70(3), S236–S241. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb07163.x

- Vasconcelos, C. M., Silva, C. O., Teixeira, L. J., Chaves, J. B. P., & Martino, H. S. (2010). Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 69(2), 188–193.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Alvarez, J. a. (2010). Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*, 85(3), 568–76. doi:10.1016/j.meatsci.2010.03.007
- Yoshida, M., Ono, H., Mori, Y., Chuda, Y., & Mori, M. (2002). Oxygenation of bisphenol A to quinones by polyphenol oxidase in vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(15), 4377–81. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12105973>
- Yun, J. W. (1996). Fructooligosaccharides—Occurrence, preparation, and application. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(2), 107–117. doi:10.1016/0141-0229(95)00188-3

ARTIGO 2

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E SENSORIAL PELO MÉTODO
CHECK-ALL-THAT-APPLY DE MORTADELAS FORMULADAS COM
EXTRATO E FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

ARTIGO 2

Artigo redigido conforme a norma da revista LWT - Food Science and
Technology
“Versão Preliminar”

AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E SENSORIAL PELO MÉTODO CHECK-ALL-THAT-APPLY DE MORTADELAS FORMULADAS COM EXTRATO E FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)

*Mortadella made with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) extract and
flour: technological and sensory evaluation by check-all-that-apply method*

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da adição de extrato de yacon (EY) e de farinha de yacon (FY) em mortadelas, por meio da caracterização da composição, cor objetiva e textura das amostras, confrontando com resultados da caracterização sensorial, que utilizou as metodologias de escala hedônica e *Check-all-that-apply* (CATA). Os dados mostraram que a adição de EY em substituição à água e até 4% de farinha de yacon (FY) não alterou a composição centesimal das amostras. Houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias das amostras nos atributos sensoriais de aparência e impressão global, sendo a amostra controle a mais aceita, principalmente pela “cor rosa clara” atribuída a essa amostra na metodologia do CATA. Já a diminuição da luminosidade e a percepção de ‘pontos marrons’ mostrou uma coerência entre a análise colorimétrica e os termos do CATA e parece ter contribuído negativamente para a aceitação das amostras contendo farinha de yacon.

Palavras-chave: análise de perfil de textura, produto emulsionado, yacon, FOS.

1 INTRODUÇÃO

Inúmeros fatores afetam a qualidade da vida moderna, que tem se mostrado cada vez mais complexa. Por esse motivo, a população deve conscientizar-se da importância do consumo de alimentos contendo substâncias que auxiliam a promoção da saúde (Moraes & Colla, 2006) e por isso, nos dias de hoje nota-se um crescimento do consumo de alimentos fontes de fibras.

Ojansivu, Ferreira, & Salminen, (2011) identificaram o interesse da população nos países da Europa Ocidental em conhecer novos alimentos e ingredientes funcionais específicos para prevenir doenças. Nesse contexto, o yacon (*Smallanthus sonchifolius*), também chamados de batata yacon, vem ganhando popularidade para utilização como produto natural isolado ou incorporado a outros produtos processados, já que suas raízes tuberosas acumulam cerca de 10% de seu peso fresco em oligossacarídeos do tipo inulina e apresentam compostos bioativos como peculiaridades benéficas à saúde humana (Narai-Kanayama, Tokita, & Aso, 2007; Ojansivu et al., 2011).

Os tubérculos de yacon são considerados uma fonte particularmente abundante de frutoligossacarídeos (FOS), seu principal carboidrato de reserva, que confere baixa digestibilidade devido à resistência à hidrólise por enzimas na parte superior do trato gastrointestinal humano, o que diminui seu valor calórico. Seu potencial inclui ainda propriedades prebióticas, antidiabéticas, efeitos antioxidantes e antimicrobianos, além de ser considerado um alimento livre de substâncias tóxicas ou antinutrientes (Delzenne & Roberfroid, 1994; Genta et al., 2009; Ojansivu et al., 2011).

Além dessas atividades comprovadamente benéficas dos FOS, outros efeitos positivos relatados sobre o consumo de yacon resultam da presença de compostos como o ácido clorogênico, L-triptofano, ésteres de ácido cafeico, ácido ferúlico e óleos essenciais que já foram isolados e identificados nas raízes,

fazendo com que além do uso como alimento, o yacon também seja conhecido como uma planta medicinal (Adam, Juklová, Bajer, Eisner, & Ventura, 2005; Ojansivu et al., 2011). Já Chirinos, Pedreschi, Rogez, Larondelle, & Campos, (2013) descrevem que essas plantas podem ser consideradas fontes promissoras de fitoquímicos antioxidantes.

Mas além das promoção da saúde, a utilização de fibras em alimentos, como produtos cárneos está se tornando uma tendência, também por razões tecnológicas (Vendrell-Pascuas, Castellote-Bargallo, & Lopez-Sabater, 2000).

No entanto, alguns estudos de Hoek et al., (2011) destacam que os principais entraves da substituição da carne por substitutos alternativos, como fibras são a falta de familiaridade com esses produtos análogos e a menor atratividade sensorial em relação à carne.

Pensando no desenvolvimento de novos produtos, alguns estudos vêm demonstrando os benefícios do uso do consumidor, como nos dados do trabalho de Ng, Chaya, & Hort, (2013) que destacaram a importância do papel das propriedades sensoriais para evocar respostas emocionais no desenvolvimento de produtos.

Nesse contexto, apesar de possuírem algumas falhas, muitos autores estão defendendo a metodologia do *Check-all-that-apply* – CATA como uma ferramenta valiosa para compreender características hedônicas e sensoriais de produtos alimentícios, gerando dados úteis e interessantes que podem ser usados para complementação de técnicas que utilizam avaliadores treinados, de forma mais fácil e menos demorada para a compreensão dos provadores (Ares, Deliza, Barreiro, Giménez, & Gámbaro, 2010; Jorge et al., 2015).

De acordo com alguns estudos, as perguntas do CATA permitem aos respondentes selecionar simplesmente os atributos que são relevantes para eles, sem ter que ser forçados a pontuar todos os atributos de uma escala,

possibilitando diferenciações evidentes entre produtos analisados (Adams, Williams, Lancaster, & Foley, 2007; Ng et al., 2013).

Mas há também uma corrente que indica que a natureza qualitativa dos dados obtidos a partir da metodologia do CATA limita a extensão da análise estatística, tornando difícil efetuar conclusões claras (Ng et al., 2013).

Jorge et al., (2015) identificaram que a metodologia do CATA foi efetivamente capaz de discriminar os principais parâmetros percebidos entre diferentes amostras de mortadelas comerciais em relação às suas características sensoriais e tecnológicas, destacando os principais pontos positivos e negativos na percepção dos provadores.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar por meio de análises físico-químicas, avaliação hedônica e metodologia do CATA os efeitos tecnológicos e sensoriais da adição de EY e diferentes concentrações de FY na formulação de quatro mortadelas fontes de fibras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes), de Microbiologia de Alimentos e de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A carne de acém bovino e o toucinho utilizados na formulação foram adquiridos em comércio de Lavras, MG. Dorsos de frango congelados também foram adquiridos no comércio local para obtenção da carne mecanicamente separada (CMS), conduzida em uma desossadora mecânica PV-100 (PV Máquinas Frigoríficas) no LabCarnes. A CMS obtida continha 16,25% proteína, 67,34% umidade, 13,84% gordura, 0,48% cinzas e 1,76% de cálcio (em base

seca), sendo imediatamente congeladas (-20°C) por um período máximo de uma semana antes do uso.

O extrato e a farinha de yacon utilizados nesse estudo foram previamente processados segundo metodologia descrita por Jorge, (2014) sendo caracterizados quanto ao conteúdo de frutoligossacarídeos (FOS; método enzimático AOAC 999.03) e de fibra alimentar (FA; método enzimático gravimétrico AOAC 991.43), segundo metodologias oficiais da (Association of Official Analytical Chemists - AOAC, 2000). O conteúdo de fibra alimentar total (FAT) foi determinado como a soma de FOS e FA, uma vez que a determinação de fibra alimentar pelo método enzimático gravimétrico não expressa o valor real de FOS (Castro, Céspedes, Carballo, Bergenstahl, & Tornberg, 2013). O extrato obtido continha 6,16% de FOS e 0,03% de FA, enquanto a farinha continha 47,99% de FOS e 1,83% de FA. Assim, o conteúdo de FAT no extrato era de 6,22% e na farinha de 56,61%.

2.1 Elaboração das mortadelas

Todas as amostras de mortadelas foram elaboradas com a máxima concentração de CMS permitida pela legislação vigente do país – 60% (BRASIL, 2001). Quatro formulações de mortadelas foram processadas em cada repetição, sendo uma controle (CONT) e as outras elaboradas contendo extrato de yacon em substituição à água da formulação (20%), conforme proposto por Teixeira, (2011). Assim, além da amostra controle foram elaborados três tratamentos: amostras contendo apenas extrato de yacon (EXT); amostras contendo o extrato mais 2% de farinha de yacon (FY2); e amostras contendo o extrato mais 4% de farinha de yacon (FY4). A definição da quantidade de farinha de yacon (FY) utilizada foi baseada em estudo preliminar Jorge, (2014) em que se avaliou os efeitos tecnológicos de diferentes concentrações de CMS e

farinha de yacon em mortadelas. Neste estudo, para a maioria das características tecnológicas avaliadas, o aumento dos níveis de FY parece ter reduzido efeitos negativos da adição de CMS com relação à textura, além de contribuir para a melhoria nutricional das mortadelas.

Para elaboração das mortadelas foi utilizada uma formulação básica (Dutra et al., 2011) cuja massa cárnea era composta de 43% de CMS, 14% de acém bovino e 14% de toucinho suíno. Os demais ingredientes da formulação foram, água ou extrato de yacon (20%), fécula de mandioca (5%), sal (2%), polifosfato de sódio (0,5%; Fosmax E-10, New Max Industrial Ltda), condimentos para mortadela (0,5%; New Max Industrial Ltda), sal de cura (0,3%; mistura nitrito/nitrato, Maxsoy Alimentos Ltda) e eritorbato de sódio (0,3%; Fixamax C-202; New Max Industrial Ltda). De acordo com o tratamento, a farinha de yacon (2 ou 4%) foi usada em substituição à massa cárnea. Os ingredientes foram processados em *cutter* KJ-10 (Indústrias Jamar Ltda.; Tupã, SP, Brasil) e a massa embutida (gomos de \pm 400g) em tripa artificial de poliamida (STARTRIP® Z-R, SCHUR Equipamentos e Embalagens; Barueri, SP, Brasil) de 67 mm diâmetro, sendo os gomos cozidos por imersão em água até temperatura interna de 73°C (acompanhada pela inserção de um termopar no centro da massa). Após cozimento, as mortadelas foram resfriadas e estocadas em câmara fria (4°C) por 24 horas.

As mortadelas refrigeradas foram armazenadas a 4°C em câmara climática (modelo EL 202; Eletrolab São Paulo, SP, Brasil) até o momento da análise.

2.2 Caracterização das mortadelas

Uma porção da mortadela foi homogeneizada (tritador Turratec Te102; TECNAL Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, SP, Brasil) em

10 porções de água destilada e o pH imediatamente medido por um eletrodo combinado de bulbo vidro acoplado a um pHmetro DM 20 (Digimed, São Paulo, Brasil). A atividade de água das amostras trituradas foi determinada em aparelho Aqualab CX2 (Decagon Devices Inc., WA, USA).

As mortadelas foram analisadas quanto à composição centesimal de acordo com os métodos oficiais da (AOAC, 2002): umidade, pela secagem da amostra a 105°C até peso constante (AOAC 950.46); extrato etéreo (gordura), pelo método de Soxhlet (AOAC 960.39); proteínas, por micro-Kjeldahl e fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC 968.06); e resíduo mineral fixo (cinzas), por incineração da amostra a 550°C (AOAC 950.46). Também foram determinados o teor de cálcio (% em massa seca), segundo (Damin, Silva, Vale, & Welz, 2007), e o teor de nitrito de sódio residual (NaNO₂; mg NaNO₂.kg⁻¹ da amostra), pelo método AOAC 973.31 (AOAC, 2002).

O grau de oxidação lipídica foi determinado usando o teste das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBAR), segundo metodologia descrita por Raharjo & Sofos, (1993). A concentração do malonaldeído (MDA) foi determinada por curva analítica de 1.1,3.3-tetraethoxypropane (TEP) e os resultados de TBARS expressos como mg MDA.kg⁻¹ de amostra.

A cor instrumental foi determinada utilizando um espectrofotômetro colorimétrico CM700 (Konica Minolta Sensing Inc. Osaka, Japan), calibrado com o iluminante D65, ângulo do observador de 10° e componente especular excluído (SCE mode). Os componentes luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram determinados a partir de cinco leituras realizadas em vários pontos da superfície das amostras. A saturação (C*) e o ângulo de tonalidade (h*) também foram determinados (Ramos & Gomide, 2007): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$; e $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

A análise de textura foi realizada utilizando o método de análise de textura (TPA) usando um texturômetro TA.XT2i (Stable Micro Systems). Seis

replicatas de amostras foram cortadas em cubos de 1.0 cm³ e comprimidas duas vezes a uma taxa de 180 mm.min⁻¹ até chegarem a 50% do seu tamanho original. Não houve tempo de descanso entre os dois ciclos de compressão. Foi obtida uma curva de deformação ao longo do tempo, de onde se calculam os seguintes parâmetros de textura (Ramos & Gomide, 2007): fraturabilidade (N), dureza (N), coesividade, adesividade (N.mm), elasticidade (mm) e mastigabilidade (N.mm).

O conteúdo de frutanos totais e fibra alimentar total, solúvel e insolúvel nas amostras de mortadelas foi calculado por balanço de massa, de acordo com as concentrações de extrato e farinha de yacon adicionados nas formulações.

2.3 Análises sensoriais

As análises sensoriais foram realizadas após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFLA sob o protocolo CAAE 12961113.6.0000.5148, conforme Resolução número 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996), sendo que os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

As perguntas do CATA foram previamente definidas, usando o método proposto por Ares, Giménez, Barreiro, & Gámbaro, (2010) e modificado por Jorge et al., (2015) para produtos cárneos. Onze participantes não treinados, compostos por professores, e estudantes de graduação e pós-graduação, com idades variando entre 19 e 55 anos, recrutados aleatoriamente na Universidade Federal de Lavras (UFLA), declarados provadores frequentes (mais de uma vez por semana) de mortadela. Quatro amostras de mortadela foram fatiadas (aproximadamente 4 mm de espessura, utilizando um cortador de frios semi-automático modelo USM2 200; Urano; Canoa, RS, Brasil) foram servidas em porção de aproximadamente 100 g e apresentadas numa única sessão de testes

(Técnica de Rede), em que os juízes usaram um pergunta aberta para estabelecer os termos apropriados para descrever a sua cor, aparência, sabor e textura. Os termos mais citados para cada atributo (Tabela 3) foram escolhidos para compor o questionário do CATA. Na segunda etapa, 100 participantes não treinados, compostos por professores, estudantes de graduação e pós-graduação, com idades variando entre 19 e 65 anos, recrutadas aleatoriamente na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Todos os participantes se declararam provadores de mortadela. A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (DCA/UFLA) numa única sessão de testes conduzidos em cabines individuais com luz branca. As amostras de mortadela, foram marcadas com um código de três dígitos e apresentadas aos participantes aleatoriamente, em sequência monádica e de forma casualizada. Água mineral foi fornecida para limpeza do palato entre as avaliações dos ensaios. Os provadores receberam uma ficha de avaliação sensorial e avaliaram as amostras utilizando uma escala hedônica de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente) para cada atributo (sabor, textura e impressão global). Na mesma avaliação foi solicitado que os provadores assinalassem quais termos, dentre os listados, eles consideravam adequados para descrever cada amostra.

2.4 Análises estatísticas

Os dados das análises físico químicas foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (amostras) e três repetições através da análise de variância. Os dados foram testados pela análise de variância (ANOVA) e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, considerando um nível de significância de 5%. A análise estatística foi realizada utilizando o pacote estatístico SAS, versão 9.2

(*Statistical Analysis System - SAS Institute Inc.*, Cary, NC, USA), licenciado pela UFPA.

Para os dados do teste de aceitação, a análise estatística foi feito o delineamento de bloco casualizado (DBC), como modelo, em que cada avaliador representou um bloco. Os dados foram testados pela análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, considerando um nível de significância de 5%. Cada atributo também foi analisado individualmente, utilizando o Mapa de Preferência Interno (MPI), e os atributos de aparência, sabor, textura e impressão global foram analisados simultaneamente pelo Mapa de Preferência Interno *three-way* (MPI tri-plot), também conhecido como *Parallel Factor Analysis - PARAFAC* (Nunes usado, Pinheiro, & Bastos, 2011; Nunes, Bastos, Pinheiro, Pimenta, & Pimenta, 2012).

A fim de identificar a relação entre os termos do CATA selecionados para cada amostra, o Mapa de Preferência Externo – MPE (Jorge et al., 2015; Nunes et al., 2012, 2011) na matriz de correlação com os valores hedônicos que os provadores infringiram para o atributo da impressão global para as amostras. A Análise de Componentes Principais (PCA) também foi utilizada para correlacionar os índices das análises de cor e textura instrumentais que apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as amostras com os termos do CATA que tinham referência com os atributos de aparência e textura, respectivamente.

As análises de PCA, MPI, MPI *three-way* e MPE foram realizadas utilizando o software estatístico *SensoMaker*, versão 1.5 (Lavras, Brasil).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das mortadelas

Os dados das análises físico químicas das mortadelas estão dispostos na Tabela 1 e mostram que a adição de extrato e farinha não alterou a composição centesimal da mortadela controle (CONT), enquadrando todas as amostras nos padrões estabelecidos pela legislação para “mortadela” (BRASIL, 2000).

A Legislação brasileira limita a adição de CMS em até 60% (BRASIL, 2000) em produtos cárneos, que foi respeitado no experimento. Por outro lado, os valores médios de proteína para todas as amostras (9,89 à 10,58%) ficaram abaixo do valor recomendado pelo PIQ (mínimo de 12%).

Tabela 1 Médias (\pm desvio padrão) das características tecnológicas das amostras de mortadelas analisadas

Características	Amostras ¹			
	CONT	EXT	FY2	FY4
Umidade (%)	64,46 \pm 1,51	62,90 \pm 1,33	63,23 \pm 3,19	62,65 \pm 3,55
Gordura (%)	15,64 \pm 1,04	16,67 \pm 1,09	15,70 \pm 2,03	15,89 \pm 2,80
Proteína (%)	10,08 \pm 0,98	10,58 \pm 0,62	9,89 \pm 0,34	10,22 \pm 0,67
Cinzas (%)	1,23 \pm 0,09	1,25 \pm 0,07	1,18 \pm 0,21	1,20 \pm 0,12
Carboidratos				
FOS (%) ²	-	1,23	2,19	3,15
FAT (%) ²	-	1,24	2,38	3,51
Cálcio (% em base seca)	0,47 \pm 0,15	0,45 \pm 0,05	0,52 \pm 0,14	0,60 \pm 0,06
Aw	0,970 \pm 0,00 ^a	0,969 \pm 0,00 ^a	0,967 \pm 0,00 ^{ab}	0,965 \pm 0,00 ^b
pH	6,57 \pm 0,06	6,49 \pm 0,11	6,43 \pm 0,19	6,40 \pm 0,06
TBARS (mg de MDA.kg ⁻¹)	1,97 \pm 0,32	2,17 \pm 0,43	1,86 \pm 0,19	2,10 \pm 0,34
NaNO ₂ residual(mg.kg ⁻¹)	51,79 \pm 8,84 ^a	29,26 \pm 5,55 ^b	29,37 \pm 2,92 ^b	32,33 \pm 2,68 ^b
Dureza (N)	13,84 \pm 2,61	13,20 \pm 1,28	14,10 \pm 4,04	13,38 \pm 0,93
Coesividade	0,72 \pm 0,04	0,73 \pm 0,04	0,70 \pm 0,02	0,66 \pm 0,09
Adesividade (N.mm)	10,77 \pm 3,63	11,12 \pm 5,85	9,99 \pm 1,24	10,12 \pm 2,87
Flexibilidade (mm)	4,95 \pm 0,28	4,94 \pm 0,09	4,88 \pm 0,04	4,83 \pm 0,11
Mastigabilidade (N.mm)	48,99 \pm 10,08	45,32 \pm 0,91	48,13 \pm 12,59	42,57 \pm 4,49

¹ CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon

²Quantidade de frutoligossacarídeos (FOS) e fibra alimentar total (FAT) considerando a proporção de farinha e extrato de yacon adicionados nas formulações

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Nota-se que os valores de umidade e gordura, encontraram-se dentro do limite estabelecido pelo PIQ (máximo de 65 e 30%, respectivamente). No entanto, a maior concentração de farinha diminuiu significativamente (P<0,05) a Aw de FY4.

O yacon possui em sua composição o ácido clorogênico e L-triptofano, eles são reconhecido por possuir propriedades antioxidantes (Yan et al., 1999),

porém não foram observadas diferenças nos índices de TBARS nas amostras adicionadas de extrato e farinha de yacon, com relação à amostra controle.

Os resultados da análise de cor objetiva (Figura 1) mostraram que apesar dos tubérculos de yacon conterem carotenóides que conferem a coloração amarela (Quinteros, 2000), a adição do extrato não parece ter alterado os índices de cor da amostra EXT.

CONT	EXT	FY2	FY4
			
L*= 65,02 ^a	L*= 63,9 ^{ab}	L*= 60,67 ^{ab}	L*= 59,31 ^b
a*= 7,69 ^b	a*= 7,95 ^b	a*= 9,06 ^a	a*= 9,52 ^a
b*= 13,49 ^c	b*=13,74 ^c	b*=15,82 ^b	b*=18,22 ^a
C*= 15,54 ^c	C*=15,89 ^c	C*=18,24 ^b	C*=20,55 ^a
h*=60,34	h*=59,95	h*=60,23	h*=62,43

Figura 1 Ilustrações das amostras de mortadelas. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C*: índice de saturação; h*: ângulo de tonalidade. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Já os parâmetros de cor de FY3 e FY4 parecem ter sido influenciados pela adição de farinha de yacon, sendo que a maior concentração de farinha além de aumentar o índice de a* (9,52) em relação às amostras demais, proporcionou também o aumento de b* e C* quando comparado à amostra 2% de FY.

A análise de componentes principais (Figura 2) mostra as médias de todas as análises de caracterização tecnológica, cujos componentes principais

explicaram 91,54%, sendo que a amostra controle apresentou as maiores médias para nitrito residual.

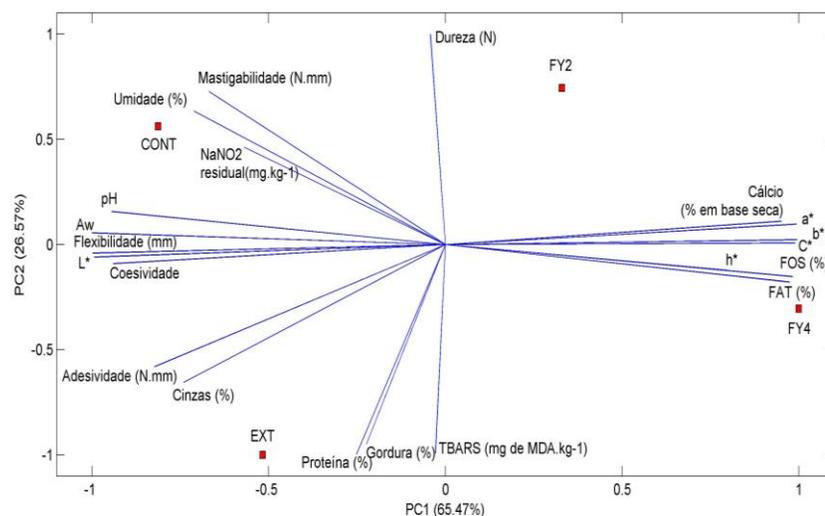


Figura 2 Análise de componentes principais (PCA) das médias das análises de caracterização tecnológica das amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4%

Apesar dos tratamentos não terem provocado mudanças significativas nas médias da composição centesimal das amostras, a substituição da água pelo extrato de yacon gerou maiores valores médios de gordura, proteína, cinzas em EXT, que foram identificados no gráfico.

3.2 Análises sensoriais

A maioria dos provadores que participaram da avaliação eram pessoas do sexo feminino (62%) e com idade entre 18 e 30 anos (87%), que consumiam mortadelas pelo menos duas vezes por mês.

3.2.1 Teste de aceitação

Todas as amostras analisadas apresentaram características sensoriais de aparência, sabor e textura típicas das mortadelas baseadas no Padrão de Identidade e Qualidade estabelecido pelo país (BRASIL, 2000).

De acordo com os resultados da ANOVA, a adição de farinha de yacon teve um efeito significativo nas pontuações do teste de aceitação, sendo capaz de detectar diferenças ($P < 0,05$) entre as amostras nos atributos de aparência e impressão global (Tabela 2).

Tabela 2 Médias (\pm desvio padrão) das notas¹ do teste de aceitação para as amostras de mortadelas

Amostras	Aparência	Sabor	Textura	Impressão Global
CONT	6,88 \pm 1,54 ^a	6,82 \pm 1,53	6,74 \pm 1,78	6,90 \pm 1,47 ^a
EXT	6,44 \pm 1,56 ^{ab}	6,68 \pm 1,79	6,77 \pm 1,80	6,74 \pm 1,59 ^{ab}
FY2	5,77 \pm 1,90 ^c	6,56 \pm 1,86	6,52 \pm 1,90	6,35 \pm 1,82 ^b
FY4	6,35 \pm 1,73 ^b	6,77 \pm 1,83	6,87 \pm 1,72	6,65 \pm 1,62 ^{ab}

¹Notas da escala de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente), com valor intermediário de 5 (nem gostei nem desgostei)

CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Os termos hedônicos situaram-se entre as notas 6 e 7 (gostei ligeiramente a gostei moderadamente), exceto para aparência na amostra FY4, sugerindo que a adição de farinha de yacon fez com que as amostras recebessem menores escores que as demais.

Além disso, pelo teste de aceitação não foi possível identificar diferenças significativas entre a amostra controle (CONT) e a amostra com

substituição de água por extrato de yacon (EXT) em nenhum dos atributos avaliados.

Em contrapartida, a amostra contendo 2% de farinha de yacon (FY2) foi a amostra com menor aceitação sensorial, tanto no atributo aparência, quanto na impressão global.

Os Mapas de Preferência Internos (MPI) das amostras em todos os atributos são apresentados na Figura 3.

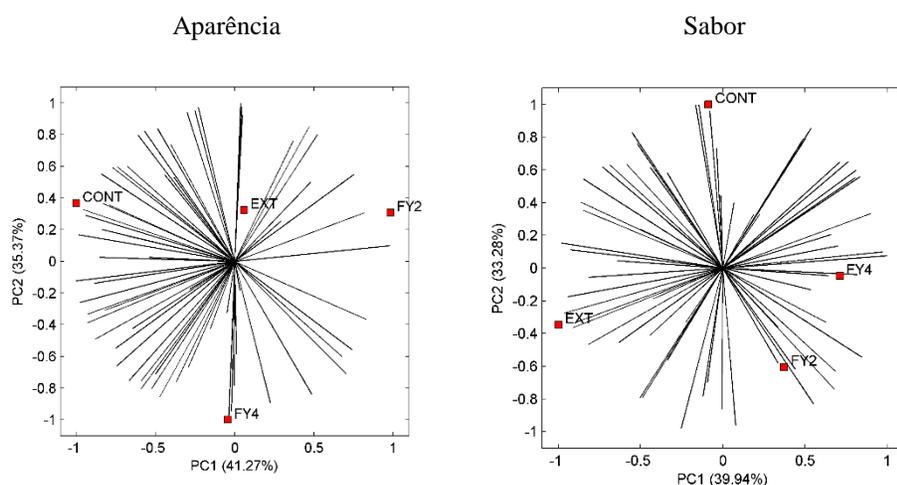
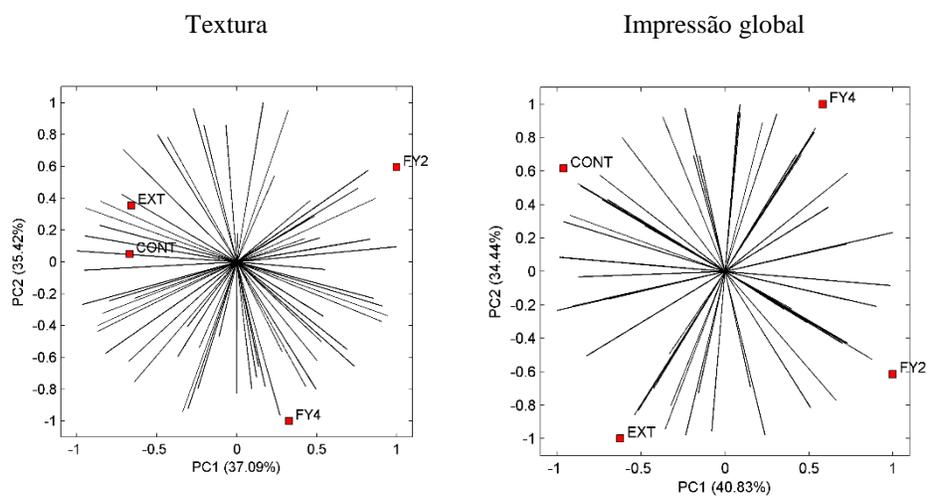
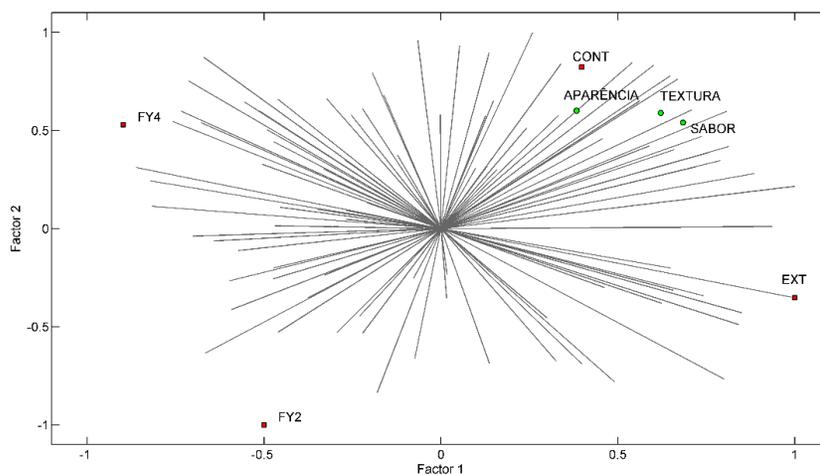


Figura 3 Mapa de preferência interno Tri-plot (PARAFAC) para aparência, sabor e textura das amostras de mortadela com base nas pontuações dos provadores no teste de aceitação. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon

(...continua...)



PARAFAC



Os dois componentes principais dos MPI explicaram mais de 72% da variação dos dados. O teste de aceitação apresentou dados homogêneos em praticamente todos os atributos, não sendo possível sugerir os principais veículos de aceitação das amostras.

No entanto, no atributo aparência a amostra FY4 parece ter sido deslocada das demais, apesar de ter sido a amostra FY2 a apresentar menor média ($P < 0,05$) em relação às outras.

Além disso, parece ter havido a tendência do agrupamento de CONT e EXT no parâmetro textura, o que não foi atestado no teste de Tukey.

O modelo de *PARAFAC* explicou somente 46.81% da variância, contudo, o *Core Consistency Diagnostic* (CORCONDIA) do modelo explicou 99.66% da correlação entre os dois fatores, indicando que o modelo foi adequado para esse estudo (Nunes et al., 2012).

O gráfico tri-plot mostra a formação de quatro grupos distintos, além disso, destaca claramente a amostra controle como a amostra preferida em todos os atributos analisados no teste de aceitação.

Contudo, os MPI não indicaram quais atributos foram diferentes entre as amostras, bem como não identificaram os efeitos dos fatores na aceitação dos provadores. Esses resultados corroboraram com os encontrados nos estudos de Jorge et al., (2015), que trabalharam com mortadelas comerciais.

3.2.2 Check-all-that-apply (CATA)

Na primeira fase do teste de CATA, 19 termos sensoriais foram identificados pelos 11 participantes (femininos e masculinos). Os termos sensoriais analisados foram apresentados juntamente com o teste de aceitação (Tabela 3).

Tabela 3 Termos sugeridos para cada atributo sensorial durante a primeira fase das questões do *Check-all-that-apply* (CATA)

Aparência	Sabor	Textura
Cor rosa clara	Característico de mortadela comum	Textura firme
Cor rosa escura	Característico de mortadela de frango	Textura macia
Cor avermelhada	Gosto de ranço	Textura arenosa/farinhenta
Cor amarronzada	Sabor temperado	Textura borrachenta
Cubos de gordura em excesso		Textura grosseira
Cubos de gordura em quantidade adequada		
Aparência homogênea		
Aparência heterogênea		
Pontos vermelhos		
Pontos marrons		

O mapa de preferência externo (MPE) apresentado na Figura 4 foi gerado a partir da frequência das contagens do número de vezes que os provadores associaram cada termo sensorial às respectivas amostras e com as médias das notas da impressão global obtidas no teste de aceitação (Ares, Varela, Rado, & Giménez, 2011).

Dooley, Lee, & Meullenet (2010), afirmam que o MPE de dados descritivos e dos termos do CATA, bem como o MPI permitem a localização de um grupo de produtos nos mapas, sendo que esse ponto seria o local do mapa onde ocorre o percentual máximo da percepção pelo consumidor do parâmetro no produto.

A amostra FY2 foi a que os provadores utilizaram o maior número de termos para descrever. Como visto anteriormente, essa foi a amostra que apresentou os menores escores ($P < 0,05$) para o atributo aparência no teste de aceitação, tendo sido influenciada provavelmente, pela percepção de uma “aparência heterogênea”, termo amplamente catalogado pelos provadores.

Por outro lado, a dispersão do gráfico mostra que a percepção dos provadores foi bastante heterogênea, já que os termos estão espalhados em todas as direções (Giacalone, Bredie, & Frøst, 2013). Em seus estudos, esses autores também mencionaram que a menor frequência em que o termo “delicioso” foi mencionado pelos provadores no teste utilizando a metodologia do CATA, pode ter relação ao fato das amostras apresentarem relativamente baixos escores na aceitação hedônica. Curiosamente, nesse estudo os provadores usaram com maior frequência o termo “cor rosa clara” e os termos “cor avermelhada” e “textura grosseira” foram os menos usados para descrever as mortadelas, sendo o primeiro relacionado à CONT e os outros a FY2.

Com relação ao posicionamento na ficha sensorial, “cor rosa clara” e “textura grosseira” apareciam como o primeiro e o último termo da lista, respectivamente. Giacalone et al., (2013) relatam que ao utilizarem a metodologia do CATA para descreverem amostras de cerveja, os termos sensoriais mais escolhidos foram os colocados no topo da lista na ficha de avaliação, sugerindo que a ordem dos atributos pode ter tido influência na escolha.

Sendo assim, esses autores destacam a necessidade de se estudar futuras aplicações dessa metodologia para randomizar os termos. Em adição a isso, o estudo verificou também que independente da sua posição, os termos mais simples e menos ambíguos foram mais utilizados pelos provadores não treinados, o que não pode ser observado nesse estudo.

Notadamente, os termos mais influentes para a amostra controle foram “textura firme”, “cubos de gordura em quantidade adequada” e “característica de mortadela comum”, que desempenharam papel relativamente mais importante na determinação da posição dessa amostra no mapa e provavelmente sendo os parâmetros considerados mais próximos da amostra considerada ideal pelos provadores, já que a foi a amostra que recebeu os maiores escores na avaliação hedônica.

Também é interessante notar que alguns termos podem ser vistos como pólos opostos, por exemplo, “aparência homogênea” versus “aparência heterogênea”, possivelmente relacionaram conotações positiva e negativa, para as amostras CONT e FY2, respectivamente.

Os vetores mostraram que a “cor rosa clara” e a “característica de mortadela de frango” foram parâmetros que tiveram correlação com as amostras CONT e EXT. A amostra controle apresentou o maior valor de L^* (65,02) em relação às demais ($P < 0,05$). Esses fatores parecem ter contribuído positivamente para a maior aceitação dessa amostra.

A percepção da “coloração avermelhada” e/ou “rosa escura” na amostra FY2 foram parâmetros que influenciaram negativamente essa amostra. Mas esse resultado leva a acreditar que a maior heterogeneidade pode ter sido por causa de uma má distribuição de farinha na amostra, o que não foi visualizado com clareza na amostra FY4, que foi percebida pelos provadores como uma amostra amarronzada.

Por outro lado, a maior concentração de farinha de yacon adicionada em FY4 possibilitou a identificação de pontos marrons e conseqüentemente coloração marrom, que também parecem ter contribuído de forma negativa para a aceitação da amostra.

Porém, “sabor temperado” também foi relacionado à essa amostra, o que pode ter sido influenciado pela FY. Ao contrário de outras fontes de FOS, a raiz

de yacon é descrita por Ojansivu et al., (2011) como muito palatável, sendo inclusive usada como adoçante com relativamente menor teor calórico por diabéticos ou pessoas interessadas no controle de massa corporal. Em contrapartida, “gosto de ranço” também foi um termo relacionado à FY4.

Alguns estudos Van Trijp & Schifferstein, (1995) propõem que a análise sensorial tem desempenhado um importante papel no controle de qualidade de produtos alimentícios, geralmente com foco na compreensão das ligações entre as características físico químicas dos produtos e as respostas sensoriais.

Pereira et al., (2011) também relatam que as propriedades sensoriais como cor e textura são importantes para a aceitação dos produtos alimentícios pelo consumidor e por isso, muitos estudos estão sendo conduzidos para otimizar e melhorar essas características nos alimentos.

Seguindo essa linha de raciocínio, a fim de proporcionar uma maior representação gráfica multivariada, uma análise de componentes principais foi realizada com os dados das médias dos resultados dos comportamentos objetivos e sensoriais dos parâmetros de aparência e textura (Figuras 5 e 6).

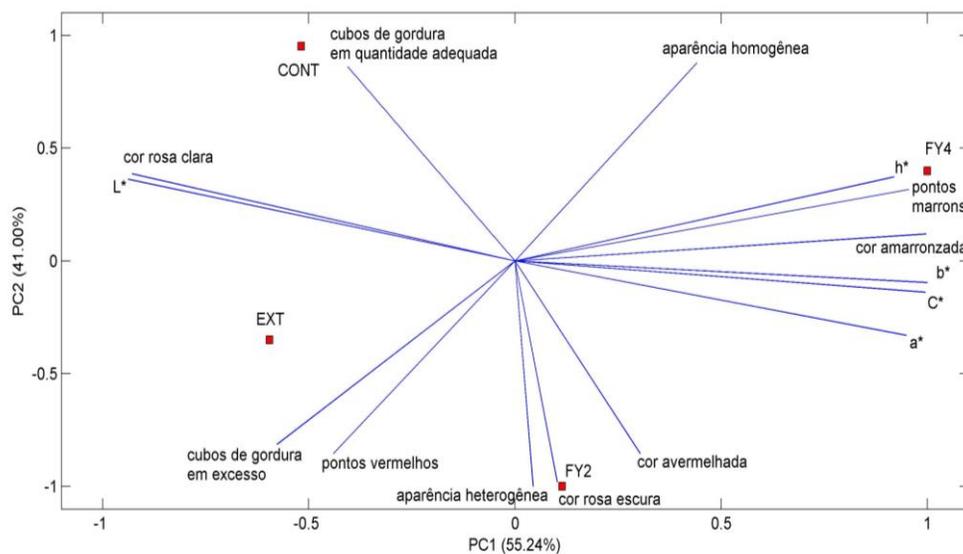


Figura 5 Análise de componentes principais (PCA) das médias da análise instrumental de cor (CIELAB) e dos termos sensoriais para a cor do questionário *Check-all-that-apply* (CATA) para as amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C*: índice de saturação; h*: ângulo de tonalidade

Nesse caso, os componentes principais explicaram 96,24% dos dados e a análise aponta a formação de três grupos, sendo o primeiro formado pela amostra CONT, o segundo pelas amostras EXT e FY2 e o terceiro pela amostra FY4. Além disso, mostrou a coerência entre os parâmetros de cor objetivos e os termos atribuídos às amostras na análise sensorial.

A maior concentração de farinha de yacon parece ter tornado FY4 a amostra mais influenciada pela cor, resultando no aumento do índice de vermelho e amarelo, além do ângulo de tonalidade e diminuindo a luminosidade.

Nesse estudo, os dados de cor na análise objetiva parecem estar relacionados com a percepção dos provadores, que também identificaram “presença de pontos marrons” e “cor amarronzada” nessa amostra, o que provavelmente pode ter relação com a presença de ácidos clorogênicos, felúrico e cafeico presentes nos tubérculos, que o torna suscetível às reações de escurecimento enzimático, já que esses ácidos podem ser usados como substratos pelas enzimas polifenoloxidasas – PPO (Yan et al., 1999; Yoshida, Ono, Mori, Chuda, & Mori, 2002) gerando como produtos finais compostos escuros (melaninas), que afetam negativamente a aceitação sensorial dos frutos (Araújo, 2011). Sendo assim, a adição de 4% de farinha de yacon parece ter contribuído negativamente para a aceitação de FY4.

Entretanto, é importante salientar que durante o estudo não foi informado aos participantes que o estudo se tratava de amostras fontes de fibras. Senso assim, não é possível prever se os resultados seriam semelhantes, caso essa informação fosse disponibilizada.

Com relação à textura das amostras, também foi possível observar coerência entre o perfil instrumental e a percepção dos provadores. A Figura 6 apresenta seus componentes principais explicando 88,13% dos dados.

As direções opostas dos vetores para alguns termos com significados opostos mostram uma coerência com os das análises objetivas e as respostas dos provadores. As amostras consideradas de “textura firme” foram as mais flexíveis, não obstante, os vetores representando “textura macia” e “textura borrachenta” ficaram posicionados para o lado oposto.

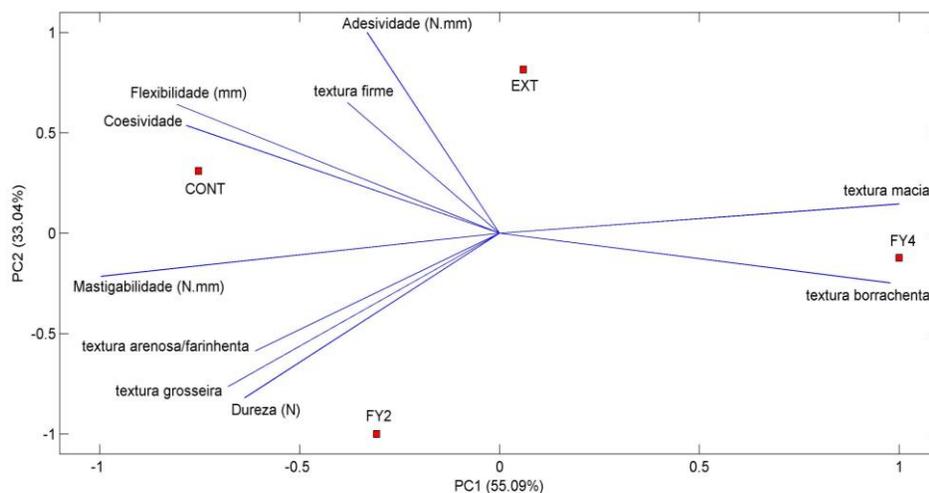


Figura 6 Análise de componentes principais (PCA) das médias da análise do perfil de textura (TPA) e dos termos sensoriais para textura do questionário *Check-all-that-apply* (CATA) para as amostras de mortadela. CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. L*: luminosidade; a*: índice de cor vermelha; b*: índice de cor amarela; C*: índice de saturação; h *: ângulo de tonalidade

Os vetores demonstraram uma forte correlação dos parâmetros flexibilidade, coesividade e mastigabilidade com CONT. A coesividade ajuda a determinar o grau em que as partículas se mantêm juntas depois da mastigação (Pereira et al., 2011).

Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas, a amostra EXT foi relacionada ao parâmetro adesividade, e coerentemente, ao termo “textura firme”, percebida pelos provadores.

Pereira et al., (2011) traduzem a adesividade ao trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre a superfície do alimento e outros materiais em que o alimento entra em contato. Em seus estudos, os autores identificaram

que o aumento dos níveis de CMS influenciaram a estabilidade da emulsão cárnea, contribuindo para o aumento da perda de líquido durante a compressão no teste de TPA. Conseqüentemente, esses exsudados, que contém proteínas e hidrocolóides, proporcionam uma consistência pegajosa, aumentando a aderência do alimento na superfície da *probe* do aparelho.

O parâmetro de maior dureza atribuído à FY2 pode estar relacionado à falta de homogeneização do toucinho na massa, já que o atributo “cubos de gordura em excesso” foi relacionado à essa amostra.

Provavelmente a amostra com maior concentração de farinha (4%) fez com que FY4 fosse relacionada pelos provadores aos termos “textura macia” e “borrachenta”.

4 CONCLUSÕES

Menores valores de L^* e de A_w foram observados com a adição de EY e FY nas amostras analisadas. Apesar do PARAFAC ter indicado a amostra controle como a mais aceita em todos os parâmetros, com a metodologia do CATA foi possível distinguir a formação de quatro grupos distintos, sugerindo que a adição de EY tornou a amostra com uma “cor rosa clara” e “sabor semelhante ao da mortadela de frango”, provavelmente contribuindo de forma positiva para a aceitação das amostras contendo FOS, como também que a adição de 4% de FY fez com que a amostra FY4 fosse relacionada à “cor amarronzada” e “presença de pontos marrons”, o que podem ter contribuído de forma negativa para sua aceitação. Os resultados indicam a viabilidade da adição de FOS em mortadelas, contudo sugerem alguns entraves gerados a partir da adição de EY e FY em relação à cor e à textura, indicando que mais estudos precisam ser realizados para tentar diminuir esses efeitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa pela doação das tripas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro à execução do projeto; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, M., Juklová, M., Bajer, T., Eisner, A., & Ventura, K. (2005). Comparison of three different solid-phase microextraction fibres for analysis of essential oils in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves. *Journal of Chromatography A*, 1084(1-2), 2–6. doi:10.1016/j.chroma.2005.05.072
- Adams, J., Williams, A., Lancaster, B., & Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In *7th Pangborn Sensory Science Symposium, Hyatt Regency*,. Minneapolis, MN, USA.
- AOAC. (2002). *Official Analytical Chemists*. (Gailb. MD: Association of Official Analytical Chemistry, Ed.) (17th ed.).
- Araújo, J. M. A. (2011). Oxidação de lipídeos em alimentos. In: *Química de alimentos: Teoria e prática* (5th ed., pp. 15–122.). Viçosa, MG.
- Ares, G., Deliza, R., Barreiro, C., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. *Food Quality and Preference*, 21(4), 417–426. doi:10.1016/j.foodqual.2009.10.006
- Ares, G., Giménez, A., Barreiro, C., & Gámbaro, A. (2010). Use of an open-ended question to identify drivers of liking of milk desserts. Comparison with preference mapping techniques. *Food Quality and Preference*, 21(3), 286–294. doi:10.1016/j.foodqual.2009.05.006

- Ares, G., Varela, P., Rado, G., & Giménez, A. (2011). Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 22(6), 581–591. doi:10.1016/j.foodqual.2011.04.004
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of the AOAC International (2000). Gaithersburg: Horwitz.
- BRASIL. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos (1996). Ministério da saúde conselho nacional de saúde comissão nacional de ética em pesquisa.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos., Pub. L. No. RDC n 12, de 02 de janeiro de 2001 (2001).
- Castro, A., Céspedes, G., Carballo, S., Bergenståhl, B., & Tornberg, E. (2013). Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Research International*, 50(1), 392–400. doi:10.1016/j.foodres.2012.10.048
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145–152. doi:10.1016/j.indcrop.2013.02.025
- Damin, I. C. F., Silva, M. M., Vale, M. G. R., & Welz, B. (2007). Feasibility of using direct determination of cadmium and lead in fresh meat by electrothermal atomic absorption spectrometry for screening purposes. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 62(9), 1037–1045. doi:10.1016/j.sab.2007.05.007
- Delzenne, N. M., & Roberfroid, M. R. (1994). Physiological effects of non-digestible oligosaccharides. *Lebensm Wiss Technol.*, 27, 1–6.
- Dooley, L., Lee, Y., & Meullenet, J.-F. (2010). The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping.

Food Quality and Preference, 21(4), 394–401.
doi:10.1016/j.foodqual.2009.10.002

Dutra, M. P., Ramos, E. M., Ramos, A. L. S., Fontes, P. R., Cardoso, G. P., & Leal, A. S. (2011). Radiação gama e tempo de armazenamento sobre a oxidação lipídica, cor objetiva, pigmentos heme e nitrito residual de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de nitrito. *Ciência Rural*, 41(12), 2203–2209.

Genta, S., Cabrera, W., Habib, N., Pons, J., Carillo, I. M., Grau, A., & Sánchez, S. (2009). Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 28(2), 182–7.
doi:10.1016/j.clnu.2009.01.013

Giocalone, D., Bredie, W. L. P., & Frøst, M. B. (2013). “All-In-One Test” (AI1): A rapid and easily applicable approach to consumer product testing. *Food Quality and Preference*, 27(2), 108–119.
doi:10.1016/j.foodqual.2012.09.011

Hoek, A. C., Luning, P. a, Weijzen, P., Engels, W., Kok, F. J., & de Graaf, C. (2011). Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, 56(3), 662–73.
doi:10.1016/j.appet.2011.02.001

Jorge, E. (2014). Effect of mechanically deboned poultry meat and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour on the quality characteristics of cooked sausages. *Food Chemistry*.

Jorge, É., Mendes, A., Auriema, B., Cazedey, H., Fontes, P., Ramos, A., & Ramos, E. (2015). Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat Science*, 100, 124–133.
doi:10.1016/j.meatsci.2014.10.002

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 4, de 31/03/2000 - Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. (2000).

Moraes, F. P., & Colla, L. (2006). Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. *Revista Eletrônica de Farmácia*, 3(2), 109–122.

- Narai-Kanayama, a, Tokita, N., & Aso, K. (2007). Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. *Journal of Food Science*, 72(6), S381–7. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00422.x
- Ng, M., Chaya, C., & Hort, J. (2013). Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Quality and Preference*, 28(1), 193–205. doi:10.1016/j.foodqual.2012.08.012
- Nunes, C. a., Bastos, S. C., Pinheiro, A. C. M., Pimenta, C. J., & Pimenta, M. E. S. G. (2012). Relating Consumer Acceptance To Descriptive Attributes By Three-Way External Preference Mapping Obtained By Parallel Factor Analysis (Parafac). *Journal of Sensory Studies*, 27(4), 209–216. doi:10.1111/j.1745-459X.2012.00387.x
- Nunes, C. a., Pinheiro, A. C. M., & Bastos, S. C. (2011). Evaluating Consumer Acceptance Tests By Three-Way Internal Preference Mapping Obtained By Parallel Factor Analysis (Parafac). *Journal of Sensory Studies*, 26(2), 167–174. doi:10.1111/j.1745-459X.2011.00333.x
- Ojansivu, I., Ferreira, C. L., & Salminen, S. (2011). Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(1), 40–46. doi:10.1016/j.tifs.2010.11.005
- Pereira, A., Vidal, T., Teixeira, M., Oliveira, P., Pompeu, R., Vieira, M., & Zapata, J. (2011). Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 135–140.
- Quinteros, T. (2000). *Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon*. Universidade Estadual de Campinas.
- Raharjo, S., & Sofos, J. N. (1993). Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat Science*, 35(2), 145–69. doi:10.1016/0309-1740(93)90046-K
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da Qualidade de Carnes - Fundamentos e Metodologias*. (UFV, Ed.) (p. 599).

- Teixeira, J. (2011). *Elaboração de apresuntado formulado com farinha e extrato de yacon (Smallanthus sonchifolius)*. Retrieved from <http://repositorio.ufla.br/handle/1/1585>
- Van Trijp, H. C. ., & Schifferstein, H. N. J. (1995). Sensory analysis in marketing practice: comparison and integration. *Journal of Sensory Studies*, 10(2), 127–147. doi:10.1111/j.1745-459X.1995.tb00010.x
- Vendrell-Pascuas, S., Castellote-Bargallo, A. I., & Lopez-Sabater, M. (2000). Determination of inulin in meat products by high performance liquid chromatography with refractive index detection. *Journal of Chromatography A*, 881, 591–597.
- Yan, X., Suzuki, M., Ohnishi-Kameyama, M., Sada, Y., Nakanishi, T., & Nagata, T. (1999). Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(11), 4711–3. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10552877>
- Yoshida, M., Ono, H., Mori, Y., Chuda, Y., & Mori, M. (2002). Oxygenation of bisphenol A to quinones by polyphenol oxidase in vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(15), 4377–81. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12105973>

ARTIGO 3

**ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE MORTADELAS FATIADAS
FORMULADAS COM FARINHA E EXTRATO DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*)**

ARTIGO 3

Artigo redigido conforme a norma da revista Alimentos e Nutrição
“Versão Preliminar”

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE MORTADELAS FATIADAS FORMULADAS COM FARINHA E EXTRATO DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)

*Effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour on the quality
characteristics and shelf life of sliced cooked sausages*

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi caracterizar mortadelas fatiadas, adicionadas de extrato (EY) e farinha de yacon (FY), bem como avaliar sua qualidade pela caracterização tecnológica, determinação da vida útil. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas, medição de cor objetiva, teste de aceitação hedônica e testes microbiológicos. As amostras foram armazenadas a 4 °C e a vida útil foi avaliada através das análises de pH, cor, TBARS e pela contagem de psicotróficos, bolores e leveduras e coliformes, nos dias 0, 15 e 30 após o processamento. Os teores de umidade e gordura, encontraram-se dentro do limite estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do país (máximo de 65 e 30%, respectivamente). A amostra contendo a maior concentração de FY (4%), apresentou menores valores de A_w ($P < 0,05$) em relação às amostras que não continham farinha. De forma geral, a adição de EY aumentou a oxidação lipídica, com relação à amostra controle, porém a substituição de 100% de água pelo extrato, combinada com a adição de 2% de

FY, proporcionou uma diminuição nos valores das substâncias reativas ao TBARS. Houve uma diminuição da luminosidade nas médias das amostras contendo FY, bem como nas amostras com o passar do tempo, independentemente ($P < 0,05$). Para todas as amostras, o armazenamento acarretou em degradação do índice de vermelho. Quanto maior a concentração de FY, maior foi o índice de cor amarela encontrado. Todas as amostras apresentaram contagens coliformes totais abaixo da preconizada pela legislação, que é de 10^3 NMP/g de amostra e contagens inferiores a 10^4 UFC de bolores e leveduras /g durante os 30 dias de armazenamento. No entanto nesse período a contagem ultrapassou 10^6 UFC psicotróficos/g para as mortadelas que não continham farinha na formulação, diferindo ($P < 0,05$) das demais e indicando assim, que pode ter havido um efeito positivo da farinha com relação à redução desse grupo de microrganismos durante o armazenamento.

Palavras-chave: fibra alimentar, mortadelas, microrganismos, oxidação lipídica, vida-útil.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas muita atenção vem sendo dada aos extratos de vegetais e especiarias, utilizados tradicionalmente para melhorar as características sensoriais e prolongar a vida de prateleira de alimentos (1,2).

Além disso, o interesse em se estudar alimentos que possuem características funcionais ou nutracêuticas vem aumentando, no sentido de proporcionar informações que sejam relevantes para o manejo nutricional e diminuição dos riscos de várias doenças crônicas não transmissíveis, dentre elas o diabetes, e assim, promover o desenvolvimento de novas tecnologias de processo, gerando produtos inovadores que se destacam no mercado globalizado e competitivo por apresentarem uma alternativa para nichos de mercado (3).

Nesse contexto, os tubérculos do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) vem sendo apresentados como uma fonte particularmente abundante de frutoligosacarídeos (FOS), tendo baixo valor calórico e conferindo um carboidrato de reserva de digestibilidade devido à resistência à hidrólise por enzimas na parte superior do trato gastrointestinal humano, que o torna um alimento potencial em propriedades prebióticas, antidiabéticas, efeitos antioxidantes e antimicrobianos, além de ser considerado livre de substâncias tóxicas ou antinutrientes (4–6).

A batata yacon, como também é conhecido, é um produto versátil e pode ser consumida tanto in natura, como ser incorporada em produtos processados na forma de extrato ou farinha (7–10). A utilização de farinha de yacon no enriquecimento nutricional de produtos cárneos, por exemplo, por permitir que estes sejam incluídos na categoria de funcionais, devido às suas excelentes características funcionais. Sendo assim, o uso de fibra alimentar e FOS obtidos a partir da adição de farinha de yacon em produtos cárneos curados, poderá

proporcionar a obtenção de um forte e positivo impacto nas indústrias deste setor, através da melhoria no aspecto nutricional e, ou tecnológico (7).

No entanto, apesar da utilização da farinha de yacon nos produtos cárneos conferir vantagens tecnológicas e nutricionais para os produtos processados, o uso de maiores concentrações de farinha de yacon pode influenciar negativamente a aceitação sensorial (7).

O presente estudo avaliou os efeitos da substituição de água por 100% de extrato de yacon e diferentes níveis de farinha de yacon (2 e 4%) em mortadelas fatiadas, objetivando a determinação da vida útil por meio do acompanhamento de mudança de cor, oxidação lipídica e análises microbiológicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes), de Microbiologia de Alimentos e de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A carne de acém bovino e o toucinho utilizados na formulação foram adquiridos em comércio de Lavras, MG. Dorsos de frango congelados também foram adquiridos no comércio local para obtenção da carne mecanicamente separada (CMS), conduzida em uma desossadora mecânica PV-100 (PV Máquinas Frigoríficas) no LabCarnes. A CMS obtida continha 16,25% proteína, 67,34% umidade, 13,84% gordura, 0,48% cinzas e 1,76% de cálcio (em base seca), sendo imediatamente congeladas (-20°C). A CMS foi mantida congelada (-20°C) por um período máximo de uma semana antes do uso.

O extrato e a farinha de yacon utilizados nesse estudo foram previamente processados segundo metodologia descrita por Jorge (11) sendo

caracterizados quanto ao conteúdo de frutoligosacarídeos (FOS; método enzimático AOAC 999.03) e de fibra alimentar (FA; método enzimático gravimétrico AOAC 991.43), segundo metodologias oficiais da (12). O conteúdo de fibra alimentar total (FAT) foi determinado como a soma de FOS e FA, uma vez que a determinação de fibra alimentar pelo método enzimático gravimétrico não expressa o valor real de FOS (13). O extrato obtido continha 6,16% de FOS e 0,03% de FA, enquanto a farinha continha 47,99% de FOS e 1,83% de FA. Assim, o conteúdo de FAT no extrato era de 6,22% e na farinha de 56,61%.

O estudo de Jorge (11) demonstrou a viabilidade da adição das maiores concentrações de FY e CMS que foram testadas. Sendo assim, foi definido nesse trabalho fixar a máxima concentração de CMS permitida pela legislação vigente do país – 60% (14). Além disso, decidiu-se substituir 100% de água (utilizada na amostra controle – CONT), por EY e definir os níveis de FY em 0; 2 e 4% - EXT, FY2 e FY4 (respectivamente).

2.1 Elaboração das mortadelas

Quatro formulações de mortadelas foram processadas em cada repetição, sendo uma controle (CONT) e as outras elaboradas contendo extrato de yacon em substituição à água da formulação (20%), conforme proposto por Teixeira (7). Assim, além da amostra controle foram elaborados três tratamentos: amostras contendo apenas extrato de yacon (EXT); amostras contendo o extrato mais 2% de farinha de yacon (FY2); e amostras contendo o extrato mais 4% de farinha de yacon (FY4). A definição da quantidade de farinha de yacon (FY) utilizada foi baseada em estudo preliminar (11) em que se avaliou os efeitos tecnológicos de diferentes concentrações de CMS e farinha de yacon em mortadelas. Neste estudo, para a maioria das características tecnológicas avaliadas, o aumento dos níveis de FY parece ter reduzido os efeitos negativos

da adição de CMS, além de contribuir para a melhoria nutricional das mortadelas.

Para elaboração das mortadelas foi utilizada uma formulação básica (15) cuja massa cárnea era composta de 43% de CMS, 14% de acém bovino e 14% de toucinho suíno. Os demais ingredientes da formulação foram, água ou extrato de yacon (20%), fécula de mandioca (5%), sal (2%), polifosfato de sódio (0,5%; Fosmax E-10, New Max Industrial Ltda), condimentos para mortadela (0,5%; New Max Industrial Ltda), sal de cura (0,3%; mistura nitrito/nitrato, Maxsoy Alimentos Ltda) e eritorbato de sódio (0,3%; Fixamax C-202; New Max Industrial Ltda). De acordo com o tratamento, a farinha de yacon (2 ou 4%) foi usada em substituição à massa cárnea. Os ingredientes foram processados em *cutter* KJ-10 (Indústrias Jamar Ltda.; Tupã, SP, Brasil) e a massa embutida (gomos de \pm 400g) em tripa artificial de poliamida (STARTRIP® Z-R, SCHUR Equipamentos e Embalagens; Barueri, SP, Brasil) de 67 mm diâmetro, sendo as mortadelas cozidas por imersão em água até temperatura interna de 73°C (acompanhada pela inserção de um termopar no centro da massa). Após cozimento, as mortadelas foram resfriadas e estocadas em câmara fria (4°C) por 24 horas.

As mortadelas refrigeradas foram fatiadas (4 mm de espessura) utilizando um cortador de frios semi-automático (modelo USM2 200; Urano Canoa, RS, Brasil). As fatias foram parcialmente sobrepostas manualmente em bandejas de isopor, seladas a vácuo, em seladora TM300 (TecMaq, São Paulo, SP, Brasil) e armazenadas a 4°C em câmara climática (modelo EL 202; Eletrolab São Paulo, SP, Brasil) por até 30 dias.

2.2 Caracterização das mortadelas

Uma porção da mortadela foi homogeneizada (tritador Turratéc Te102; TECNAL Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, SP, Brasil) em 10 porções de água destilada e o pH imediatamente medido por um eletrodo combinado de bulbo vidro acoplado a um pHmetro DM 20 (Digimed, São Paulo, Brasil).

A atividade de água das amostras trituradas foi determinada em aparelho Aqualab CX2 (Decagon Devices Inc., WA, USA) através da determinação do ponto de orvalho, seguindo-se as orientações do fabricante.

As mortadelas foram analisadas quanto à composição centesimal de acordo com os métodos oficiais da AOAC (16): umidade, pela secagem da amostra a 105°C até peso constante (AOAC 950.46); extrato etéreo (gordura), pelo método de Soxhlet (AOAC 960.39); proteínas, por micro-Kjeldahl e fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC 968.06); e resíduo mineral fixo (cinzas), por incineração da amostra a 550°C (AOAC 950.46). Também foram determinados o teor de cálcio (% em massa seca), segundo Damin et al. (17), e o teor de nitrito de sódio residual (NaNO_2 ; $\text{mg NaNO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ da amostra), pelo método AOAC 973.31 (16).

2.3 Vida-útil das mortadelas fatiadas

As mortadelas fatiadas e embaladas a vácuo foram analisadas quanto ao grau de oxidação, cor instrumental e contagem microbiana após 0, 15 e 30 dias de armazenamento a 4°C.

O grau de oxidação lipídica foi determinado usando o teste das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBAR), segundo metodologia descrita por Raharjo & Sofos (18). A concentração do malonaldeído (MDA) foi

determinada por curva analítica de 1.1,3.3-tetraethoxypropane (TEP) e os resultados de TBARS expressos como mg MDA.kg⁻¹ de amostra.

A cor instrumental foi determinada utilizando um espectrofotômetro colorimétrico CM700 (Konica Minolta Sensing Inc. Osaka, Japan), calibrado com o iluminante D65, ângulo do observador de 10° e componente especular excluído (SCE mode). Os componentes luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram determinados a partir de cinco leituras realizadas em vários pontos da superfície das amostras. A saturação (C*) e o ângulo de tonalidade (h*) também foram determinados Ramos & Gomide (19): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$; e $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

Para as análises microbiológicas, porções de 10 g de amostra foram adicionadas de 90 mL de água peptonada e homogeneizado por dois minutos em Stomacher (Metroterm, Brasil; 490 golpes/min.). Em seguida, diluições foram conduzidas para a contagem de psicotróficos, em Ágar Triptona de Soja (TSA) e incubação a 4°C por 7 dias, e de bolores e leveduras, em Ágar Batata Dextrose (BDA) e incubação a 25°C por 7 dias. Os resultados foram expressos em log UFC/g de amostra.

Para a detecção de Coliformes totais e termotolerantes, foi utilizada a metodologia de NMP. Foram realizados testes em três tubos. Os meios utilizados para coliformes totais e termotolerantes seguiram a legislação (IN 62), nas diluições 10⁻¹, 10⁻² e 10⁻³, em três tubos consecutivos, em Caldo Verde brilhante e Caldo Lauril, e posteriormente incubados em banho – maria a 37°C, durante 48 horas. Após esse período, os tubos positivos, ou seja, os quais apresentaram características de turvação e/ou aparecimento gás no tubo de Durham, foram alçados para tubos contendo Caldo EC, e incubados em banho-maria a 44°C durante 24 horas. Depois do período de incubação nos respectivos ágar e caldo, foi observado o crescimento de colônias e alterações características

dos caldos, e posterior contagem de UFC, para avaliação dos padrões recomendados pela legislação vigente (14).

2.4 Análises estatísticas

A análise estatística foi conduzida em delineamentos inteiramente casualizados, sendo avaliados os 4 tratamentos para a caracterização das mortadelas e utilizado um esquema fatorial 4 (tratamentos) x 3 (tempos) para avaliação da vida útil. As três repetições foram constituídas por diferentes bateladas de produção de mortadelas. Os dados foram testados pela análise de variância (ANOVA) e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, considerando um nível de significância de 5%.

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o pacote estatístico SAS, versão 9.2 (*Statistical Analysis System - SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*), licenciado para a UFLA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Vida útil das mortadelas fatiadas

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para o grau de oxidação lipídica, sendo significativo apenas o efeito dos tratamentos isolados (Tabela 1).

Tabela 1 Médias do grau de oxidação lipídica (mg de MDA.kg⁻¹) durante a vida útil das mortadelas

Dia	CONT	EXT	FY2	FY4	Média
0	1,97	2,17	1,86	2,10	2,02
15	2,19	1,97	1,51	1,97	1,91
30	2,23	2,91	1,87	1,80	2,20
<i>Média</i>	2,13 ^{ab}	2,35 ^a	1,75 ^b	1,96 ^{ab}	

CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Os valores de TBARS encontrados no tempo 0 foram relativamente altos para amostras de mortadelas, quando comparados com os estudos de Jorge et al. (20), o que pode ter sido em função da CMS utilizada na massa cárnea, que é um produto susceptível à oxidação lipídica (21–23) devido, entre outros fatores, à ruptura das membranas celulares.

De forma geral, a adição de FY parece ter demonstrado um efeito antioxidante quando comparada com as amostras contendo apenas de EY. Esses resultados podem estar relacionados ao fato do yacon, ter uma grande variabilidade de compostos bioativos como ácido clorogênico e L-triptofano em sua composição, conferindo atividade antioxidante (24,25).

Houve interação significativa (P>0,05) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para alguns parâmetros da cor objetiva (Tabela 2). Os dados mostraram que para todos os índices não houve interação entre as amostras e o tempo, sendo essas variáveis independentes.

Tabela 2 Médias dos índices de cor objetiva de mortadelas fatiadas armazenadas a 4°C

Índice	Dia	CONT	EXT	FY2	FY4	Média
<i>L*</i>	0	65,02	63,90	60,67	59,31	62,22 ^A
	15	63,94	62,33	57,68	57,00	60,24 ^{AB}
	30	62,49	62,09	57,26	56,91	59,69 ^B
	Média	63,81 ^a	62,77 ^a	58,54 ^b	57,74 ^b	
<i>a*</i>	0	7,69	7,95	9,06	9,52	8,55 ^A
	15	6,62	7,29	8,15	8,48	7,63 ^B
	30	7,02	7,53	8,12	8,42	7,77 ^B
	Média	7,11 ^b	7,59 ^b	8,44 ^a	8,81 ^a	
<i>b*</i>	0	13,36	13,74	15,82	18,22	15,28
	15	13,25	13,35	14,76	17,14	14,92
	30	13,30	13,91	14,91	17,57	14,63
	Média	13,30 ^c	13,67 ^c	15,16 ^b	17,64 ^a	
<i>C*</i>	0	15,42	15,89	18,24	20,55	17,52 ^A
	15	14,82	15,23	16,87	19,14	16,51 ^B
	30	15,05	15,83	17,00	19,49	16,84 ^{AB}
	Média	15,09 ^c	15,65 ^c	17,37 ^b	19,73 ^a	
<i>h*</i>	0	60,10	59,95	60,23	62,43	60,68
	15	63,49	61,26	61,01	63,62	62,35
	30	62,17	61,60	61,33	64,39	62,37
	Média	61,92 ^{ab}	60,94 ^{ab}	60,85 ^b	63,48 ^a	

CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon. *L**: luminosidade; *a**: índice de vermelho; *b**: índice de amarelo; *C**: saturação; *h**: ângulo de tonalidade

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de *Tukey* ($P < 0,05$)

De forma geral, os valores de *L** reduziram ($P < 0,05$) com a adição de farinha de yacon, o que pode ter sido em função da coloração escura da farinha, cujo *L** foi de 74,94 (11), como também pela tendência dos compostos fenólicos, naturalmente presentes no yacon, sofrerem oxidação formando pigmentos escuros, como as melanoidinas (26).

Esse resultado pode ter contribuído para os menores escores dessas amostras no teste de aceitação, já que a diminuição da luminosidade tem sido identificada como um fator negativo para os consumidores, que podem tender a

preferir amostras de mortadelas com uma “cor rosa clara”, como visto nos estudos de Jorge et al. (20).

As médias dos índices de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) tiveram comportamento semelhante e foram maiores nas amostras contendo farinha ($P < 0,05$), provavelmente devido aos compostos de cor amarela presentes nos produtos oriundos do yacon (7).

O croma (C^*) e o ângulo de tonalidade (h^*) também se comportaram da mesma maneira, onde foi verificado um aumento significativo ($P < 0,05$) nas amostras contendo FY. Uma vez que ambos são baseados nos valores de a^* e b^* , conseqüentemente, são influenciados tanto pelo conteúdo de pigmentos quanto pelas formas de mioglobina e hemoglobina (19,20,27).

Com relação ao tempo, independentemente das amostras foi observada uma redução de dos índices de luminosidade e vermelho e do grau de saturação durante o armazenamento ($P < 0,05$). Esse resultado pode ser explicado pelo fato da embalagem a vácuo proporcionar uma troca gasosa (28) permitindo que o óxido nítrico (NO) proveniente da dissociação da nitrosomioglobina e nitrosohemocromo seja oxidado a nitrito (NO_2), provocando descoloração do produto - *fading* (19). Esses resultados corroboram com os encontrados por (27), onde sugerem que o gel formado pela fibra solúvel pode perder cor com o tempo, tornando as amostras menos brilhantes e exibindo uma cor menos intensa.

3.1.1 Contagens microbiológicas

Os dados da Tabela 3 mostram que houve interação ($P < 0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para as contagens microbiológicas realizadas.

Mesmo a amostra contendo extrato de yacon ter apresentado maiores contagens ($P < 0,05$) de coliformes totais, todas as amostras apresentaram contagens abaixo da preconizada pela legislação, que é de 10^3 NMP/g de amostra (14) durante os trinta dias de armazenamento, não sendo observado desenvolvimento de coliformes termotolerantes.

Tabela 3 Médias das populações dos grupos microbianos monitorados para as amostras de mortadelas fatiadas nos dias 0, 15 e 30 de armazenamento a 4°C

Parâmetro	Dia	CONT	EXT	FY2	FY4	Média
Psicotróficos (UFC/g)	0	0 ^C	0 ^C	0 ^B	0 ^B	0 ^C
	15	1,00x10 ³ Bb	2,14x10 ⁴ Ba	4,07x10 ³ Aab	9,77x10 ² Ab	3,02x10 ³ B
	30	1,17x10 ⁶ Aa	1,17x10 ⁶ Aa	1,17x10 ⁴ Ab	3,89x10 ⁴ Aab	1,58x10 ⁵ A
	Média	1,05x10 ³ ab	2,88x10 ³ a	3,63x10 ² b	3,39x10 ² b	
Coliformes totais (NMP/g)	0	0	0	0	0	0
	15	0	3,23	0	0	1,41
	30	4,79 ^b	6,31x10 ^a	0 ^b	0 ^b	3,55
	Média	1,70	4,36	0	0	
Bolores e Leveduras (UFC/g)	0	2,69x10 ¹	2,29 x10 ¹ B	1,38 x10 ¹ B	5,13x10 ¹	2,57x10 ¹
	15	6,16x10 ¹	6,61x10 ² AB	6,45x10 ² AB	5,01x10 ²	1,90x10 ²
	30	6,16x10 ³	3,16x10 ⁴ A	4,26x10 ³ A	3,71x10 ²	4,17x10 ³
	Média	2,19x10 ²	7,76x10 ²	1,55x10 ²	2,09x10 ²	

CONT: controle; EXT: amostra elaborada com extrato de yacon em substituição à água da formulação; FY2: amostra com extrato de yacon e 2% de farinha de yacon; FY4: amostra com extrato de yacon e 4% de farinha de yacon

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de *Tukey* (P < 0,05)

A partir de 15 dias de armazenamento já foi possível observar um grande crescimento da população de microrganismos psicotróficos em todas as amostras, o que já era esperado, visto que a composição dos produtos cárneos apresenta teores de sal entre 2 e 4%, pH acima de 6,0 e concentração de nitrito residual abaixo de 100 (mg.kg⁻¹), tornando-os altamente perecíveis (29,30).

Além disso, o fatiamento das amostras também pode ter contribuído para as maiores contagens, já que o aumento da manipulação pode permitir o crescimento de microrganismos de alto potencial de deterioração, que alteram o odor, a cor, a aparência e a rancidez oxidativa das gorduras (28), fatos que podem inclusive explicar as menores médias do índice de TBARS em nas amostras contendo farinha de yacon, bem como a descoloração do índice de vermelho de todas as amostras durante e grau de saturação das amostras ao longo do período de armazenamento.

Essas prerrogativas podem justificar a importância das contagens de microrganismos psicotróficos para avaliação da vida útil e o grau de deterioração de produtos cárneos refrigerados (31), apesar de no Brasil ainda não haver um limite máximo estipulado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA para esses produtos (14).

Como normalmente, os sinais de contaminação microbiológica em carnes prontas para consumo ocorrem quando a contagem de microrganismos totais é de 10⁶ UFC/g (29,31), a correlação entre o número de bactérias e a deterioração sensorial fica imprecisa, o que torna difícil utilizar níveis de bactérias para estimar a deterioração (32).

Nesse contexto o presente trabalho analisou o parâmetro de qualidade microbiológica até 30 dias, onde a contagem ultrapassou 10⁶ UFC psicotróficos/g para as mortadelas que não continham farinha na formulação, diferindo (P<0,05) das demais e indicando assim, que pode ter havido um efeito positivo da farinha com relação à redução esse grupo de microrganismos durante

o armazenamento. Esse resultado pode estar relacionado com a diminuição da A_w causada pela adição de farinha, que foi verificada anteriormente, já que este é um dos parâmetros intrínsecos requeridos para o crescimento microrganismos (29).

Resultados diferentes foram encontrados em amostras de presunto nos estudos de Bressan et al. (28), que apresentaram contagens padrão em placas $<10^1$ UFC/g ao longo de 35 dias de estocagem a temperaturas entre -1 e 4° C, para embalagens a vácuo, sendo que os autores consideraram como contagem padrão em placa o limite de vida útil no valor de 10^3 UFC/g.

Com relação à contagem de bolores e leveduras, os resultados mostraram que todas as amostras apresentaram contagens inferiores a 10^4 UFC/g. Apesar da legislação brasileira (14) também não apresentar parâmetros para esses microrganismos em produtos cárneos, alguns estudos adotam diferentes limites, como abaixo de 10^2 UFC/g (28), pois a presença de fungos em produtos cárneos é indesejável, uma vez que seu desenvolvimento pode acarretar alterações indesejáveis no odor, sabor e promover o estufamento da embalagem.

CONCLUSÃO

Com relação à oxidação lipídica, os resultados do trabalho mostraram que a amostra contendo 2% de FY apresentou menores valores de substâncias reativas ao TBARS. Além disso, houve diminuição da luminosidade com a adição de FY em ambos os níveis, sendo maior o índice de amarelo para a amostra com 4% de FY. Observou-se também um efeito positivo da adição de FY com relação à contagem de microrganismos psicotróficos ($P < 0,05$).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa pela doação das tripas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro à execução do projeto; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mastromatteo M, Incoronato AL, Conte A, Del Nobile MA. Shelf life of reduced pork back-fat content sausages as affected by antimicrobial compounds and modified atmosphere packaging. *International journal of food microbiology* [Internet]. 2011 Oct 17 [cited 2014 Apr 2];150(1):1–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21820750>
2. Botsoglou N a, Grigoropoulou SH, Botsoglou E, Govaris a, Papageorgiou G. The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat science* [Internet]. 2003 Nov [cited 2014 Oct 16];65(3):1193–200. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22063702>
3. Dzazio CH, Macedo DC, Costa JA, Anjos MM, Francisco AC. Análise de aceitação e elaboração do pão integral com batata yacon (*Polymnia sonchifolia*) in natura. V Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.; 2007;2(1).
4. Delzenne NM, Roberfroid MR. Physiological effects of non-digestible oligosaccharides. *Lebensm Wiss Technol*. 1994;27:1–6.
5. Genta S, Cabrera W, Habib N, Pons J, Carillo IM, Grau A, et al. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)* [Internet]. 2009 Apr [cited 2014 May 27];28(2):182–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19254816>

6. Ojansivu I, Ferreira CL, Salminen S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology* [Internet]. Elsevier Ltd; 2011 Jan [cited 2014 May 5];22(1):40–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224410002633>
7. Teixeira J. Elaboração de apesuntado formulado com farinha e extrato de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) [Internet]. 2011 [cited 2014 May 27]. Available from: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/1585>
8. Almeida NT. Utilização de farinhas de linhaça e de batata yacon na elaboração de bolos como alternativa para pacientes com Diabetes mellitus. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011. p. 60.
9. Aybar MJ, Sánchez Riera a N, Grau a, Sánchez SS. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology* [Internet]. 2001 Feb;74(2):125–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11167030>
10. Vasconcelos C, Minim V, Chaves J. Yogur bajo en calorías añadido con harina de yacón: desarrollo y evaluación físico-química. Low-calorie yogurt added with yacon flour: development and physicochemical evaluation. *Rev Chil Nutr.* 2012;39(3):65–71.
11. Jorge E. Effect of mechanically deboned poultry meat and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour on the quality characteristics of cooked sausages. *Food chemistry.* 2014;
12. Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of the AOAC International. Gaithersburg: Horwitz; 2000 p. 2200.
13. Castro A, Céspedes G, Carballo S, Bergenståhl B, Tornberg E. Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Research International* [Internet]. Elsevier Ltd; 2013 Jan [cited 2014 Sep 8];50(1):392–400. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399691200470X>

14. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. RDC n 12, de 02 de janeiro de 2001 2001 p. 48.
15. Dutra MP, Ramos EM, Ramos ALS, Fontes PR, Cardoso GP, Leal AS. Radiação gama e tempo de armazenamento sobre a oxidação lipídica , cor objetiva , pigmentos heme e nitrito residual de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de nitrito. *Ciência Rural*. 2011;41(12):2203–9.
16. AOAC. Official Analytical Chemists. 17th ed. Gailb. MD: Association of Official Analytical Chemistry, editor. 2002.
17. Damin ICF, Silva MM, Vale MGR, Welz B. Feasibility of using direct determination of cadmium and lead in fresh meat by electrothermal atomic absorption spectrometry for screening purposes. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* [Internet]. 2007 Sep [cited 2014 May 30];62(9):1037–45. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0584854707001565>
18. Raharjo S, Sofos JN. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat science* [Internet]. 1993 Jan;35(2):145–69. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22061027>
19. Ramos EM, Gomide LAM. Avaliação da Qualidade de Carnes - Fundamentos e Metodologias. UFV, editor. 2007.
20. Jorge É, Mendes A, Auriema B, Cazedey H, Fontes P, Ramos A, et al. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat science* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015;100:124–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.002>
21. Field RA. Mechanical separated meat of poultry and fish. Edible meat bay products: advances in meat research. *Elsevier applied science*. 1988;5:83–126.
22. Trindade MA, Castilho CJC, Felício PE. Mortadella sausage formulations with mechanically separated layer hen meat preblended with antioxidants. *Sci Agric (Piracicaba, Brazil)*. 2006;63(3):240–5.

23. Pereira AGT, Ramos EM, Teixeira JT, Cardoso GP, Ramos A de LS, Fontes PR. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Meat science* [Internet]. 2011 Dec [cited 2014 Apr 7];89(4):519–25. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21669499>
24. Chirinos R, Pedreschi R, Rogez H, Larondelle Y, Campos D. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products* [Internet]. Elsevier B.V.; 2013 May [cited 2014 May 26];47:145–52. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669013001052>
25. Yan X, Suzuki M, Ohnishi-Kameyama M, Sada Y, Nakanishi T, Nagata T. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of agricultural and food chemistry* [Internet]. 1999 Nov;47(11):4711–3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10552877>
26. Contado EWNF. Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos de yacon (*Smallanthus sonchifolia*). Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.; 2009. p. 144.
27. Cáceres E, García ML, Toro J, Selgas MD. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat science* [Internet]. 2004 Sep [cited 2014 Apr 2];68(1):87–96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22062011>
28. Bressan M, Lodi F, Ferreira M. Influência da embalagem na vida útil de presuntos fatiados. *Ciênc Agrotec* [Internet]. 2007 [cited 2014 Apr 15];2–7. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n2/a25v31n2.pdf>
29. Jay J. *Microbiologia de Alimentos*. 6a ed. Artmed, editor. Porto Alegre; 2005.
30. Holley R. Impact of slicing hygiene upon shelf life and distribution of spoilage bacteria in vacuum packaged cured meats. *Food Mi*. 1997;14:201–11.

31. Galarz L, Fonseca G, Prentice-Hernández C. Crescimento microbiano em produtos à base de peito de frango durante simulação da cadeia de abastecimento Microbial growth in chicken breast products during supply chain simulation. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2010;30(4):870–7.
32. Borch E, Kant-Muemansb M, Blixt Y. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International journal of food microbiology*. 1996;33:103–20.

CONCLUSÃO GERAL

O estudo despontou a viabilidade da produção de extrato e farinha de yacon como matéria prima para o desenvolvimento de produtos cárneos adicionados de frutoligossacarídeos por meio da substituição da água por 100% de extrato de yacon e de níveis de 4% de farinha de yacon em mortadelas com maior valor nutritivo e características tecnológicas, sensoriais e microbiológicas satisfatórias.