**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Perfil de compostos voláteis de bacon defumado com madeiras de
reflorestamento *Eucalyptus Citriodora* e *Acácia Mearnsii***

Jéssica da Cruz Antonio

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2020**

Jéssica da Cruz Antonio
Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Perfil de compostos voláteis de bacon defumado com madeiras de
reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii***
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Prof^a. Dra. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS CASTILLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Antonio, Jéssica da Cruz

Perfil de compostos voláteis de bacon defumado com madeiras de reflorestamento *Eucalyptus Citriodora* e *Acácia Mearnsii* / Jéssica da Cruz Antonio. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - Piracicaba, 2020.

96 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Defumação 2. Carne suína 3. Fenóis 4. SPMEGC/MS I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força concedida e o cuidado diário.

A minha família, pelo amor e incentivo nos momentos necessários.

À Prof^a Carmen Josefina Contreras Castillo, pela orientação, seu grande desprendimento em ajudar.

Ao Dr. Jair Sebastião da Silva Pinto por se disponibilizar a me ensinar desde o início, pelos seus conhecimentos compartilhados, pela paciência e tranquilidade que me transmitiu em todo esse tempo.

Agradeço à equipe e amigos do Laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes e ao Laboratório Multiusuário de Bioquímica e Análise instrumental.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do Projeto Nº 2016/15012-2 e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela bolsa de mestrado.

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo (USP) por proporcionar sua estrutura física e acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, por contribuírem para a finalização desse trabalho através de comentários e sugestões.

A todos os meus amigos que passaram pelo meu caminho e auxiliaram no meu crescimento pessoal e profissional.

EPÍGRAFE

*“Não nos cansemos de fazer o bem
pois, se não desanimarmos, chegará o tempo
certo em que faremos a colheita.”*

Gl 6:9

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1. REVISÃO: FATORES QUE INFLUENCIA NO AROMA DO BACON.....	15
1.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA FORMAÇÃO DO AROMA DA CARNE SUÍNA	17
1.1.1. Alimentação do animal.....	19
1.1.2. Sistemas de criação.....	22
1.1.3. Sexo.....	23
1.1.4. Idades e peso de abate.....	24
1.1.5. Raça.....	25
1.2. BACON.....	26
1.2.1. Processamento do Bacon Defumado.....	27
1.2.2. Processo de defumação.....	29
1.3. MADEIRAS UTILIZADAS NA DEFUMAÇÃO DE BACON.....	31
1.3.1. Descrição das espécies do estudo.....	32
1.3.1.1. <i>Eucalyptus citriodora</i>	32
1.3.1.2 <i>Acácia mearnsii</i>	33
1.4. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	35
1.4.1. A técnica de microextração em fase sólida.....	35
1.4.2. Compostos voláteis do bacon.....	39
CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
2. PERFIS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE BACONS COMERCIALIZADOS NO BRASIL	54
2.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1.1. Material.....	56
2.2. MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA – CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA – ESPECTROMETRIA DE MASSA (SPME-GC/MS).....	57
2.2.1. Extração dos compostos voláteis por SPME.....	57

2.2.2. Análises de compostos voláteis por cromatografia gasosa acoplada na espectrometria de massa.....	57
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
2.3.1. Seleção da fibra SPME.....	58
2.3.2. Perfis de compostos voláteis em diferentes amostras bacon.....	62
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
3. PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM BACON DEFUMADO COM MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO <i>EUCALYPTUS CITRIODORA</i> E <i>ACÁCIA MEARNSII</i>	76
3.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	80
3.1.1. Material.....	80
3.1.2. Processo de Elaboração do Bacon.....	80
3.1.3. Perfil de compostos voláteis.....	83
3.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS.....	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

RESUMO

Perfil de compostos voláteis em *bacon* defumado com madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*

O bacon é feito de barriga suína (torácico-abdominal), convenientemente curada e defumado. Sabe-se que, na composição do bacon defumado existem diferentes compostos voláteis, hidrocarbonetos aromáticos, ácidos orgânicos, aldeídos, entre outros, que contribuem, positiva ou negativamente, para o aroma do produto, proporcionando um sabor distinto. O processo de defumação consiste em expor o alimento à fumaça proveniente da queima da madeira não resinosa, com o objetivo de conservar e modificar o sabor inicial do produto. Para defumação pode-se usar madeiras de reflorestamentos, a *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*, as madeiras têm composição química diferente, influenciando nos compostos voláteis produzidos pela pirólise da madeira. O objetivo geral dessa dissertação foi identificar os compostos voláteis de bacons defumados com as madeiras de *Eucalyptus citriodora* e de *Acácia mearnsii*. Foi analisado o perfil de compostos voláteis de seis marcas de bacon comercializadas no país e realizada a seleção da fibra mais apropriada para a microextração em fase sólida (SPME). Foi identificado o perfil de compostos voláteis das madeiras *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii* através da técnica de SPME-GC/MS. A defumação com a madeira *Eucalyptus citriodora* apresentou maior concentração de compostos voláteis que contribuíram para o aroma de defumado (fenóis) e a *Acácia mearnsii* apresentou compostos que contribuíram para o aroma de gordura (aldeídos), nos *bacon* também foram identificados cetonas, alcoóis, hidrocarbonetos aromáticos e compostos nitrogenados.

Palavras-chave: Defumação, Carne suína, Fenóis, SPME-GC/MS

ABSTRACT

Profile of volatile compounds in smoked bacon with reforestation woods

Eucalyptus citriodora and *Acácia mearnsii*

The bacon is made from pork belly (thoracic-abdominal), conveniently cured and smoked. It is known that in the composition of smoked bacon there are different volatile compounds, aromatic hydrocarbons, organic acids, aldehydes, among others, that contribute, positively or negatively, to the aroma of the product, providing a distinct flavor. The smoking process consists of exposing the food to smoke from the burning of non-resinous wood, in order to preserve and modify the initial flavor of the product. For smoking, reforestation woods, *Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii* can be used, the woods have a different chemical composition, influencing the volatile compounds produced by wood pyrolysis. The general objective of this dissertation was to identify the volatile compounds of smoked bacons with the woods of *Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii*. The profile of volatile compounds from six brands of bacon marketed in the country was analyzed and the most appropriate fiber was selected for solid phase microextraction (SPME). The profile of volatile compounds from *Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii* woods was identified using the SPME-GC/MS technique. Smoking with *Eucalyptus citriodora* wood showed a higher concentration of volatile compounds that contributed to the aroma of smoked (phenols) and *Acácia mearnsii* presented compounds that contributed to the aroma of fat (aldehydes), in bacon, ketones, alcohols, hydrocarbons were also identified. aromatics and nitrogen compounds.

Keywords: Smoking, Pork, Phenols, SPME-GC/MS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do processamento do Bacon.....	28
Figura 2 - Eucalipto manejado para o uso de madeira.....	32
Figura 3 - <i>Acácia mearnsii</i>	34
Figura 4 - Uso da fibra SPME para o processo de extração e de dessorção dos compostos extraído para análise por GC.....	36
Figura 5 - Cromatograma do íon total dos voláteis do bacon comercial, extraídos por 30 minutos com a fibra (A) PDMS, (B) CAR/PDMS e (C) DVB/CAR/PDMS.....	61
Figura 6 - Cromatograma do íon total de voláteis do bacon defumado com a madeira <i>Eucalyptus citriodora</i> (EUC), e o bacon defumado com a madeira <i>Acácia mearnsii</i> (AME).....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos da carne e gordura suína.....	20
Tabela 2 - Compostos voláteis correlacionados com descrição do aroma e métodos utilizados na identificação.....	38
Tabela 3 - Fibras utilizadas na seleção de SPME.....	57
Tabela 4 - Temperatura das amostras de bacon na aquisição.....	58
Tabela 5 - Perfil de componentes voláteis ($UA \times 10^5/g$) dos bacon comerciais usando a fibra DVB /CAR /PDMS 50/30 μm , Carboxen /PDMS 85 μm e PDMS 100 μm de revestimento.....	59
Tabela 6- Perfis de compostos voláteis ($UA \times 10^5/g$) de seis bacons comerciais...	64
Tabela 7- Descrição das amostras de bacon.....	82
Tabela 8 - Compostos voláteis ($UA \times 10^5/g$) do tratamento controle (CT), dos bacons defumados com madeira de <i>Eucalyptus citriodora</i> (EUC) e <i>Acácia mearnsii</i> (AME) e do bacon.....	85

INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019), a produção mundial de carne suína vem crescendo a uma taxa média de 0,5% ao ano. A produção global deverá chegar a 112,96 milhões de toneladas, em 2020 (USDA- Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). O líder mundial na produção é a China, produziu 54,15 milhões de toneladas em 2018. O Brasil produziu 3,97 milhões de toneladas produzidas de carne suína e a sua participação nas exportações mundiais, em 2018, foi de 7,3 % (BRASIL, 2019).

O destino do consumo da carne suína brasileira é o mercado interno, que absorve cerca de 80% da produção, isso deve ser visto como uma área de crescimento do setor. O mercado brasileiro apresenta expressiva disponibilidade de produtos *in natura*, mas o consumo no Brasil é dominado por produtos industrializados (BRASIL, 2019). Entre os produtos processados de origem suína, destaca-se o *bacon*. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a carne e os produtos cárneos, comprometem 20% das despesas monetárias nos lares dos brasileiros (Brasil, 2019).

O *bacon* é um alimento curado e defumado. A barriga (corte da parede torácico-abdominal) suína passa pelo processo de cura e defumação, a defumação deve ser realizada com madeira não resinosa, nessas etapas são desenvolvidos os aromas do bacon (BRASIL, 2000). A ação da fumaça proveniente de madeira é formada durante a pirólise, liberando componentes fundamentais para o desenvolvimento do aroma, cor e sabor. Os componentes voláteis formados durante o processo de defumação são de várias classes, como fenóis, cetonas, aldeídos, furanos, compostos nitrogenados entre outros (LIU, 2018).

O tipo de madeira utilizada no processamento do *bacon* tem grande influência nas características sensoriais do produto defumado. As madeiras mais recomendadas são as duras e secas (ORDONEZ, 2005; BRASIL, 2010; HUANG et al., 2019). Podem ser usadas madeira de reflorestamento, visando uma alternativa mais sustentável, como a *Eucalyptus citriodora*, que ocupa o primeiro lugar em áreas de florestas plantadas no Brasil e a *Acacia mearnsii*, que ocupa o quarto lugar. Estudos de Saldaña et al. (2019) encontraram que a defumação de *bacon* com a madeira acácia tem características sensoriais semelhantes ao *bacon* comercializado no mercado brasileiro.

As composições químicas (hemicelulose, celulose e lignina) da madeira *Eucalyptus citriodora* e da *Acácia mearnsii* são diferentes e influenciam no perfil de compostos voláteis gerados pela fumaça. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi analisar o perfil de compostos voláteis do *bacon* defumado, com a utilização das madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*, como uma alternativa de processo mais sustentável e economicamente viável.

Esse trabalho está disposto em capítulos, com a seguinte ordem: Introdução geral. Capítulo I- estudo sobre os compostos voláteis do *bacon* – revisão. Capítulo II- Perfis de compostos voláteis de algumas marcas de *bacon* comercializadas no Brasil. Capítulo III- Perfil de compostos voláteis em *bacon* defumado com madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*. Considerações finais.

OBJETIVOS

• Objetivo geral

Identificar o perfil de compostos voláteis dos *bacons* que foram defumados com madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*.

• Objetivos específicos

- Uma breve revisão sobre o uso da microextração em fase sólida (SPME) associada à cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massas (GC/MS) como técnica de análise dos compostos voláteis do *bacon* defumado, processamento e os fatores que influenciam no aroma do *bacon*, capítulo 1.

- Seleção da fibra de microextração em fase sólida (SPME), com a análise dos perfis dos compostos voláteis de seis marcas de *bacon* comercializadas no Brasil, capítulo 2.

- Identificação dos compostos voláteis do *bacon* defumado com as madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*, usando a técnica SPME associada ao GC-MS, capítulo 3.

1. REVISÃO: FATORES QUE INFLUENCIA NO AROMA DO BACON

Resumo

O Brasil é um grande produtor de proteínas de origem animal, incluindo a carne suína. O principal destino da carne suína é o mercado interno e para a produção de produtos cárneos. O *bacon* é um dos produtos cárneos mais consumidos no mundo, a barriga suína é submetida ao processo de cura e defumação. O processo de defumação influencia no aroma e sabor do produto. No presente trabalho, são apresentados os aspectos gerais do processamento do *bacon* e os fatores que influenciam na formação do seu aroma peculiar. O aroma do produto *bacon* é influenciado por vários fatores, como o processo de fabricação, tipo de madeira utilizada na defumação, alimentação, raça, o sistema criação dos suínos, sexo, idade e peso de abate. Ao produzir o *bacon*, o processo de cura e defumação tem como objetivo conservar o produto, além de proporcionar aroma. A fumaça deve ser proveniente de madeira dura, seca e não resinosa, a qual é liberada sobre os alimentos permitindo o desenvolvimento de fenóis, compostos característicos dos alimentos cárneos defumados. Para defumação podem ser utilizadas a madeira de reflorestamento chamada *Eucalyptus citriodora*, árvore que tem as maiores áreas de florestas plantadas no Brasil e da *Acácia mearnsii*. De fato, estudos de Saldaña et al.(2019) demonstraram que os produtos defumados com a madeira acácia têm características sensoriais semelhantes ao *bacon* comercial, embora a composição química dessas madeiras sejam diferentes. A microextração em fase sólida (SPME), associada ao GC/MS, é uma técnica sensível e amplamente utilizada para extrair compostos voláteis de matrizes alimentares. A SPME tem sido empregada com sucesso na análise do perfil de compostos voláteis em produtos *bacon* defumados. Os compostos voláteis formados durante o processo de defumação dependem da composição química da madeira. Em pesquisas já foram identificados mais de quarenta compostos voláteis nos *bacon* defumados, sendo os compostos formados por aldeídos, cetonas, furanos, álcoois, hidrocarbonetos aromáticos, pirazinas e fenóis.

Palavras chave: Carne suína; Aroma; Defumação.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de proteína animal, tendo como principal destino de sua produção o mercado interno (Brasil, 2018). O consumo *per capita* de 14,7 Kg no país. A produção de carne suína em 2017 foi de 3,75 milhões de toneladas, sendo que 81,7% dessa carne foram destinadas ao mercado interno e 18,5% para a exportação. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em 2017 foram exportadas 10,6 mil toneladas de produtos derivados de carne suína, entre eles o *bacon* (ABPA, 2018).

A população brasileira aumentou o consumo de produtos cárneos como o *bacon*. Ele é utilizado em preparações de *fast food*, feijoadas, farofas, massas, lanche, *pizzas* e doces. Segundo dados de Brasil (2010), os produtos embutidos e o *bacon* ocupam o 5º lugar no *ranking* de consumo (ou 6,5 % das despesas com alimentação), refletindo o bom desempenho das vendas de produtos derivados de carne na economia brasileira.

Os processos de cura e defumação são intrínsecos na produção de *bacon*, sendo que na etapa de defumação o aroma é desenvolvido. O processo de defumação consiste na exposição de alimentos cárneos à ação da fumaça, proveniente da combustão de madeira não resinosa. Na pirólise da madeira são liberados compostos voláteis que contribuem para o desenvolvimento de cor, aroma e sabor característico.

Os fenóis são os componentes mais diretamente envolvidos no desenvolvimento do *bouquet* (amadeirado, defumado) característico dos alimentos cárneos defumados, sendo que os fenóis também têm ação antioxidante, inibindo processo de oxidação lipídica e retardam a rancificação da gordura (Ordóñez, 2005). Além dos fenóis, no *bacon* podem ser identificados outros compostos voláteis, como cetonas, furanos, ácidos orgânicos e aldeídos.

Nesta revisão, será discutida uma técnica de análise de compostos voláteis, os aspectos gerais do processamento do *bacon*, legislação em vigor, aspectos gerais da defumação, além de ressaltar a importância dos fatores que influenciam na formação dos principais compostos responsáveis pelo aroma do *bacon*.

1.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA FORMAÇÃO DO AROMA DA CARNE SUÍNA

O sabor é um aspecto importante na aceitabilidade do *bacon*, já que os compostos voláteis têm influência na qualidade sensorial dos produtos cárneos. No entanto, os componentes de alto peso molecular e os precursores não voláteis também devem ser considerados, pois os aminoácidos, peptídeos, açúcares redutores, vitaminas e nucleotídeos produzem intermediários de voláteis que contribuem para o desenvolvimento do aroma do *bacon* (Shahidi, 1994; Yu et al., 2008; Li et al., 2018).

O aroma do *bacon* é dominado pelos compostos voláteis derivados de lipídios (Gorbatov & Lyaskovskaya, 1980; Ho et al., 1994; Soares et al., 2016; Aaslyng et al., 2018) e esses são precursores das maiorias dos compostos responsáveis pelo aroma (Delgado et al., 2002; Franco et al., 2006; Wang et al., 2018; Hobson et al., 2019).

Os aspectos tecnológicos da qualidade do *bacon* são influenciados pelos tipos de ácidos graxos da sua composição, saturados ou insaturados. Os ácidos graxos insaturados, especialmente aqueles com mais de duas duplas ligações, são indicadores de oxidação lipídica (Wood et al., 2004; Soares et al., 2016; Corino et al., 2014).

Os lipídios são gradualmente degradados por lipólise e pela oxidação (Jin et al., 2010). A lipólise pode ocasionar a liberação de ácidos graxos livres no músculo, devido à hidrólise de triglicerídeos e fosfolipídios (Motilva et al., 1992; Yang et al., 2018). Na oxidação lipídica é incluída a auto-oxidação e oxidação catalisada por enzimas de ácidos graxos, produzindo um grande número de hidroperóxidos e, em conjunto com diversas vias de decomposição envolvidas, induzindo à formação de muitos compostos voláteis diferentes, como aldeídos, álcoois, cetonas e ésteres (Ho, Oh & Bae-Lee, 1994; Pérez-Santaescolástica et al., 2019). O aroma do *bacon* é formado por várias reações sequenciais como a degradação de ácidos graxos, a reação de Maillard, a degradação de Strecker ou a degradação de aminoácidos.

A reação de Maillard é uma reação de escurecimento não enzimático, quando ocorre a condensação da carbonila de um açúcar redutor com um grupo amina de aminoácidos livres ou proteínas formando o Amadori (N-glicosídeos). Os produtos de Amadori dão origem a uma série de reações, resultando em compostos dicarbonílicos, derivados de furfural ou produtos da degradação de aminoácidos. Os

produtos intermediários reagem com os resíduos de lisina ou arginina, formando compostos estáveis (Soladoye et al., 2017). Ao longo dessas reações são formados compostos voláteis, como cetonas e aldeídos que conferem aroma ao *bacon*.

Os compostos voláteis gerados pela oxidação lipídica também são responsáveis pelo sabor característico do *bacon* (Jin et al., 2010). Além disso, o aroma do *bacon* é influenciado pelos compostos não voláteis, pela cura, defumação e por fatores como alimentação do animal (Rentfrow et al., 2003; Arowolo et al., 2020; Channon; D' Souza & Dunshea et al., 2018), sistema de criação (Muriel et al., 2002; Iacumin; Manzano & Comi, 2012), tipo de corte (Delgado et al., 2002), sexo e castração (Wood et al 1989; Hugo & Roodt, 2007; Swanepoel, Leslue e Hoffman, 2011), idade de abate (Bragagnolo e Rodrigues-Amaya, 2002; Channon et al., 2016), peso de abate e genótipo dos animais (Franco et al., 2006; Channon et al., 2016; Guzek et al, 2016).

1.1.1. Alimentação do animal

As dietas dos animais têm influência na qualidade da carne suína, sendo o seu entendimento complexo devido às respostas individualizadas de cada animal. Vale ressaltar que a qualidade da carne suína também é influenciada pelas diversas práticas de manejo, genética, como os fatores ambientais experimentados ao longo de suas vidas, juntamente com os fatores pré e pós-abate (Channon; D' Souza & Dunshea et al., 2016).

O potencial de engorda é muito maior em suínos do que nos ruminantes, principalmente quando recebem alimentação rica em ácidos graxos. Os ácidos graxos saturados e insaturados da dieta passam pelo sistema digestivo, sem alteração e são depositados em diferentes lugares, como tecidos adiposos e músculo esquelético (Nürnberg et al., 1998; Arowolo et al., 2020).

A alimentação dos animais exige um cuidado especial, implica na escolha cuidadosa dos alimentos e correta mistura dos ingredientes. Isso significa que o balanceamento das rações deve atender estritamente às exigências nutricionais, nas diferentes fases de crescimento e produção (Fávero et al., 2020).

As rações desenvolvidas com subprodutos vegetais, não podem ser consumidas pelos humanos, mas representam uma valiosa fonte de alimentação para os animais. Além disso, alimentar os animais com subprodutos proporciona

uma abordagem inovadora, pois sustenta as estratégias de alimentação de baixo insumo e diminui o impacto ambiental da produção agropecuária (Del Bianco et al., 2020). Grande parte da alimentação desses animais ocorre por meio de farelos, rações trituradas, alimentação seca, mista, dosada ou à vontade (Bermúdez & Franco, 2012).

As quantidades de fibras, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos insaturados e compostos bioativos, presente na dieta podem modificar a composição dos tecidos adiposos dos suínos (Bermúdez & Franco, 2012).

Sabe-se que a qualidade da carne e dos produtos à base de carne suína, é considerada essencial para garantir a satisfação do consumidor, e o odor e sabor está entre os componentes mais importantes na qualidade alimentar, desempenha um papel fundamental na aceitação geral da carne suína (Del Bianco et al., 2020). Entre os diferentes fatores que influenciam o sabor da carne suína, a dieta do animal – especialmente seu conteúdo lipídico, é a fonte mais importante de formações dos compostos voláteis.

O perfil de ácidos graxos da gordura corporal dos suínos é dependente da composição da gordura fornecida na dieta, os ácidos graxos da dieta são depositados diretamente na gordura corporal do animal (Bertol., 2019).

A composição da carne suína é 26,6 % de água, 7,1 % de proteína e 66,6% de gordura, contém vitaminas B1, B2, B6, B12, niacina, e minerais USDA (2018). A carne e a gordura suína apresenta alta proporção de ácidos graxos monoinsaturados, o principal é o ácido oleico, Tabela 1, USDA (2018). Em menor proporção é o ômega-6, poli-insaturados.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos da carne e gordura suína.

Ácidos graxos	g*
Saturado	23,9
Cáprico (10:0)	0,05
Láurico (12:0)	0,05
Merístico (14:0)	0,90
Palmítico (16:0)	14,9
Heptadecanoico (17:0)	0,24
Esteárico (18:0)	7,56
Araquídico (20:0)	0,12
Monoinsaturado	28,98

Palmitoleico (16:1)	1,39
Oleico (18:1)	27,03
Eicosenoico (20:1)	0,50
Poli-insaturados	11,53
Linoleico (18:2)	10,43
Linolênico (18:3)	0,41
Eicosadienoico (20:2)	-
Araquidônico (20:4)	0,18

*Calculado a partir do conteúdo de 100 g de carne e gordura suína, USDA (2018).

Segundo o USDA (Departamento de Agricultura dos EUA, 2018) a carne e gordura suína têm cerca de 20 % de ácidos graxos saturados, 29,0 % de ácidos graxos monoinsaturados e 11,5 % de ácidos graxos poli-insaturados, os quais são sujeitos à oxidação lipídica (Bertol, 2019), Tabela 1.

A oxidação ocorre inicialmente nos fosfolipídios (linoleico, linolênico e araquidônico) das membranas celulares e subcelulares. Além da composição e do conteúdo dos fosfolipídios, outros fatores que afetam a oxidação lipídica da carne são o processamento, aditivos (sal, nitrito e antioxidantes) e dieta dos animais (Frankel, 2012).

A fração lipídica da carne suína, especialmente os fosfolipídios, sofre autooxidação, produzindo um grande número de compostos voláteis, como ácidos, aldeídos, cetonas e álcoois (Estevez et al., 2003; Li et al., 2018). O sabor característico da carne suína fresca e dos produtos processados como o *bacon*, é influenciado por compostos não voláteis e compostos voláteis que podem interagir entre si ou não.

Os suínos são passíveis de mudança na composição dos ácidos graxos, provavelmente devido a composição da dieta ingerida. Segundo Romullo et al, (2016) suínos que receberam maior adição do extrato etanólico do caroço da manga na ração, resultou em maior teor de ácido palmitoleico (C16:1 n1) na carne dos animais em comparação àqueles que receberam menor adição do extrato.

De acordo com Silva et al. (2015), que analisaram a inclusão de ractopamina associada com as vitaminas e antioxidantes C e E em dietas de suínos, segundo os resultados a oxidação da carne suína foi menor para a dieta com o complexo (ractopamina + vitamina), enquanto o marmoreio da carne foi maior na dieta (controle + ractopamina).

O estudo de Rey et al., (2020) avaliou o efeito da dieta com baixo e alto índice glicêmico, com os tempos de jejum pré-abate 17 /19 / 22 horas e sua interação. Os resultados demonstraram que o tempo de 22 horas de jejum resultou em menor perda de gotejamento muscular, maior expressão de lipólise e 10% maior de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sendo os ácidos graxos poliinsaturados a principal fonte de produção de ácidos graxos livres. As dietas com baixo índice glicêmico produzem maior perda de gotejamento, atividade lipolítica, sugerindo que este grupo apresentava maior potencial glicolítico do que dietas com alto índice glicêmico (Rey et al., 2020).

Esses resultados demonstram que é possível realizar diversas dietas para a alimentação dos suínos e que é admissível a modificação e balanceamento das rações, visando a qualidade carne.

1.1.2. Sistemas de criação

Durante a década passada, compreendida entre 2000 e 2010, consumidores e produtores começaram a se preocupar com o “bem-estar animal”, ou seja, a qualidade de vida do animal, quanto a boa saúde e as condições física e psicológica (estresse) satisfatórias dos suínos. Além dessas preocupações, atualmente os consumidores estão mais atentos aos sistemas de criação dos animais.

Há vários sistemas de criação, entre eles os sistemas mais utilizados nas produções de suínos são o sistema de extensivo, sistema intensivo de suínos criados em confinamento e o intensivo de suínos criados ao ar livre.

No sistema extensivo de criação de suínos, há pouca produtividade, os animais não recebem identificação, não há controle da reprodução, a alimentação não é balanceada conforme a fase de criação, todos os suínos recebem alimentação em conjunto, ocorrendo disputa entre animais por alimento.

O sistema intensivo de suínos em confinamento, efetivado em todas as fases de criação dos animais, os animais ficam em locais com piso e cobertura, o que facilita a limpeza e possibilita o controle da temperatura ambiente. Há necessidade de altos investimentos com a instalação. A instalação pode ser em vários lugares ou o sistema de produção pode está direcionado para a criação de

suínos em um ciclo completo, de confinamento, desenvolvido em um único lugar (Souza et al., 2013).

E o sistema intensivo de criação de suínos ao ar livre, neste sistema os animais são alojados em diferentes currais conforme a fase de criação e na fase de terminação os animais ficam em confinamento. Este sistema pode ser implementado por criador com poucos recursos, pois as instalações são simples e possibilita aumento no desempenho na criação dos suínos.

Os novos alvos da indústria são a criação tipo caipira, agroecológica e com rações naturais (Rocha et al., 2016), bem como a qualidade dos animais entregues ao abate, visando melhor rendimento da carne magra na carcaça e gordura. Segundo Souza et al. (2013), para isso ocorreram avanços tecnológicos na genética, sanidade, nutrição, instalações, manejo e bem estar animal.

Nesse aspecto, os estudos de Hugo & Roodt (2007) e Nilzén *et al.* (2001), o sistema de criação de suínos (Large White × Landrace) ao ar livre, durante o inverno (17 °C) e o verão (25 °C), tem influência na composição de ácidos graxos da gordura dorsal devido à diminuição da temperatura durante o inverno.

1.1.3. Sexo

De acordo com Swanepoel, Leslue e Hoffman (2011), além de fatores ambientais como área geográfica, a estação do ano e idade, o sexo tem forte impacto no rendimento da carcaça, influenciando no crescimento. Segundo esses autores, é possível notar diferença no desenvolvimento do músculo, na deposição de gordura, na formação óssea, sendo que esses fatores variam entre macho e fêmea (Monteiro et al., 2018).

A diferença do sexo influencia no peso da carcaça e na qualidade da carne suína devido às alterações hormonais (testosterona, estradiol e outros) entre machos (inteiro e castrado) e fêmeas que são responsáveis pela distinção de cada metabolismo. Essa diferença pode ser percebida por avaliadores de painel sensorial.

Segundo Matthews et al., (2000) e Martínez et al. (2016), os avaliadores perceberam nos testes uma diferença notável no odor dos *bacon* de animais fêmea e machos inteiros (não castrados). A carne suína de machos inteiros possui androstenona, o qual é um feromônio sexual masculino, associado ao odor de urina

e transpiração, e o escatol, é um metabólito do aminoácido triptofano associado ao naftaleno, de odor fecal (Martínez et al. 2016).

Nos suínos machos é possível utilizar a imunocastração ou a castração cirúrgica, para controlar o dor sexual característico de machos inteiros (escatol e androsterona), a imunocastração consiste em duas doses de uma vacina e possibilita que o suíno macho mantenha as características naturais de crescimento, favorecendo o potencial genético dos suínos. A castração cirúrgica, por consistir na remoção dos testículos, provoca eliminação dos hormônios esteróides, impedindo o favorecimento de desempenho, além de ser um procedimento invasivo que causa problemas relacionados ao bem-estar animal (Santos 2012).

A imunocastração imuniza o macho inteiro contra o hormônio que libera gonadotrofinas (GnRH), suprimindo temporariamente o desenvolvimento e a função testicular, além disso, a vacina pode assegurar o bem-estar do animal por evitar a castração cirúrgica convencional e proporcionar menor deposição de gordura na carcaça (Andreo et al., 2016).

A quantidade de gordura corporal dos suínos influencia o conteúdo de ácidos graxos, sendo que, a composição da gordura pode ser modificada pelo método de castração utilizada. Segundo Andreo et al. (2016), suínos imunocastrados apresentaram maior quantidade de ácidos graxos saturados e menor quantidade de ácidos graxos poli-insaturados quando comparado aos suínos castrados cirurgicamente.

A capacidade de deposição de tecido magro que os suínos apresentam obedece à seguinte ordem decrescente: machos inteiros, fêmeas e machos castrados. Esta sequência é considerada em outros países para a elaboração de dietas e para a otimização da nutrição de suínos em crescimento e terminação (Freixo et al., 2018).

1.1.4. Idades e peso de abate

A qualidade da carne suína é influenciada pelo envelhecimento do animal (idade), método de cozimento, tipo de corte, sexo e diferença entre machos inteiros e machos castrados ou imunocastrados.

Estudos afirmaram que, suínos mais jovens têm gorduras mais macias, enquanto os suínos mais velhos têm gordura mais consistente (Bruwer et al., 1991;

Yang, 2019). Suínos magros apresentam baixa qualidade na gordura, por terem camadas finas de tecido adiposo (Hugo & Roodt, 2007).

No Brasil os suínos são abatidos quando atingem sete meses e/ou cerca de 100 Kg, pois esse peso impede a deposição excessiva da gordura (Tikk et al., 2008; Channon et al., 2016). Os suínos produzidos nos Estados Unidos da América, Canadá e União Europeia são geralmente abatidos com peso mais elevados de 90 - 130 kg em comparação com suínos australianos, onde são normalmente abatidos entre 85 e 100 kg de peso.

Os abates dos suínos devem atender às especificações preferidas de idade e peso, e profundidade de gordura da carcaça desejada pelos consumidores. A dieta e peso de abate são fatores que influenciam na qualidade da carne. A gordura subcutânea e intramuscular dos suínos pode aumentar, com o peso do animal (Wood et al., 2008; Channon & Souza, 2018).

O estudo de Channon & Souza (2018), avaliou se a composição da dieta de suínos (usando ingredientes alimentares normalmente usados na América do Norte e no norte da Europa), com 20 a 24 semanas de idade influenciam nos níveis de gordura intramuscular da carne suína maturada por 7 e 28 dias. Segundo os resultados do estudo o tratamento alimentar/idade e maturação influenciam pouco nas qualidades sensoriais e nos níveis de gordura intramuscular do lombo suíno (Channon & Souza, 2018).

1.1.5. Raça

No parecer de Hugo & Roodt (2007); Rey et al., (2020); Wang et al. (2017) e Channon & Souza (2018), a genética é responsável por 30 % da variação da qualidade da carne, essa variação ocorre pela diferença entre raças e entre animais da mesma raça. Maw et al. (2001), Zheng et al., (2020), Han et al., (2020), Lee et al., (2020) relatam que a raça e a linhagem são fatores responsáveis pelas diferenças químicas e estruturais da carne suína, os autores citados também descrevem que esses fatores podem ser percebidos durante a degustação do bacon.

A raça influencia no aroma da carne suína, fator diretamente ligado à composição intramuscular e por sua deposição de gordura que é diferente entre as raças (Lu et al., 2008 & Channon et al., 2004; Wang et al. 2017). Animais da raça

Duroc têm mais gordura intramuscular e baixa gordura dorsal, em comparação com outras raças tradicionais e modernas (Large White x Landrace), já suínos ibéricos, alimentados com raízes e nozes, têm alta capacidade de acumular ácidos graxos (Estany et al., 2017).

Estudos demonstram que o lipídio intramuscular da carne suína influencia positivamente na qualidade do seu sabor (Wood, 1993; Li et al., 2018; Gong et al., 2017; Estany et al., 2017). A gordura intramuscular tem sido associada ao melhor rendimento, visto que ela serve como barreira contra a perda do suco muscular durante o cozimento, aumentando a suculência da carne, textura e sabor.

Jiang et al. (2012) descobriram que o grau de marmoreio do músculo estava significativamente relacionado à intensidade do sabor, e as carnes com sabor desejável têm níveis mais altos de gordura intramuscular e marmoreio mais intenso.

A composição de ácidos graxos da carne suína é influenciada por fatores genéticos, sendo que esta diferença na deposição de gordura implica em uma composição de ácidos graxos diferenciada, podendo influenciar na composição dos compostos voláteis que são derivados da oxidação lipídica (Smet et al., 2004; Guzek et al., 2016). A gordura intramuscular (FMI) é uma das fontes mais importantes de voláteis e os altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) no FMI são extremamente sensíveis à oxidação lipídica (Benet et al., 2015).

O teor de gordura intramuscular é um dos fatores determinantes da qualidade da carne suína. Segundo Gerbens et al. (2001), os genes A-FABP e H-FABP de suínos Duroc, influenciam no conteúdo de gordura intramuscular.

O conteúdo de gordura intramuscular de suínos Laiwu, que é uma raça indígena de suínos distribuído no norte da China, foi analisada por Wang et al. (2017). Segundo os resultados desses autores, o transcriptoma (genes) e o metilação do DNA estão envolvidos na biossíntese de gorduras, provavelmente são responsáveis pela deposição da gordura intramuscular (Wang et al., 2017).

Wong et al. (2018) identificou os genes relacionados ao conteúdo de gordura intramuscular de suínos Berkshires, usando o estudo de associação de genoma, foram identificados vinte e cinco genes que controlam a variação da gordura intramuscular da carne suína.

Os estudos da raça e genética dos animais são importantes e podem contribuir para a criação de suínos com melhor gordura intramuscular, podem auxiliar na produção carne de suína com melhores qualidades sensoriais.

1.2. BACON

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, Instrução Normativa N.º21, de 31 de Julho de 2000, *bacon* é o produto cárneo industrializado, obtido do corte da parede torácico-abdominal dos suínos, que vai do esterno ao púbis, com ou sem costela, com ou sem pele, adicionado de ingredientes (sal, nitrito e/ou nitrato de sódio e/ou potássio) e submetido ao processo adequado, com defumação (Brasil, 2000).

O *bacon* é produzido há mais de 2000 anos (Gan et al., 2019) e o consumo está aumentando constantemente no mundo (Li et al., 2018, Liu et al., 2018; Sindelar et al., 2019; Hobson et al., 2018; Wu et al., 2019).

Inicialmente, no Brasil, o *bacon* era produzido de modo tradicional com defumadores caseiros ou uso de fogões domésticos. As peças de carne eram penduradas na grelha superior do forno e, no assoalho do forno era colocada a serragem umedecida. Atualmente, no mercado brasileiro o *bacon* é produzido em defumadores industriais, que possuem controle das etapas da defumação.

1.2.1. Processamento do Bacon Defumado

A barriga suína é o principal ingrediente e o corte mais utilizado no preparo do *bacon* (Guo et al., 2016; Sivendiran et al., 2018; Gan et al., 2019; Huang et al., 2014). Os ingredientes obrigatórios no preparo da salmoura são: sal, nitrito e/ou nitrato de sódio e/ou potássio. Os ingredientes opcionais da salmoura são: os açúcares, a maltodextrina, os aromas, os condimentos, as especiarias naturais e os aditivos.

O uso do sal reduz a atividade de água livre, que influencia nas modificações físicas e químicas, e também na multiplicação dos microrganismos, influenciando assim a qualidade e a estabilidade desses produtos (Rockland & Beuchat, 1987; Gan et al., 2019).

A utilização de nitrito na cura do *bacon* promove o desenvolvimento de cor (Honikel, 2008), possui ação antioxidante e inibe a proliferação do *Clostridium botulinum*, microrganismo responsável pela presença da toxina botulínica no produto durante o armazenamento (Honikel, 2008; Benli et al., 2019).

O processamento do *bacon* (Figura 1) consiste na injeção da solução de cura na barriga suína, contendo água, sal, açúcar, nitrato e/ou nitrito de sódio e eritorbato de sódio. Os ingredientes de cura devem ser formulados de acordo com as instruções do fabricante. Deve ser injetado até 15% da solução da cura, com auxílio de um injetor automático com agulhas.

Após essa etapa, as barrigas suínas devem passar pelo processo de tambleamento, geralmente realizada em temperatura de 6 a 8 °C, que tem como função promover a uniformidade na injeção realizada. Em seguida acondicionou-se a carne em embalagens e permanecendo sob refrigeração, a 5° C, durante 12 horas no máximo. As peças são levadas para estufas de cozimento e defumação.

A defumação pode ser realizada em um defumador automático com gerador de fumaça, dividida em quatro etapas: (1) secagem com calor seco a 65 °C, por 30 minutos, com a chaminé aberta e ventilação alta; (2) defumação a 75 °C, por 60 minutos, com chaminé semi-aberta e ventilação baixa; (3) cozimento com calor úmido a 75 °C, por 30 minutos, com chaminé fechada e ventilação alta e (4) cozimento com calor úmido a 80 °C, até que a temperatura do centro térmico alcance 75°C. Após a defumação as peças de *bacon* são resfriadas em meio aquoso, fatiadas e embaladas.

Figura 1- Fluxograma do processamento do *Bacon*
Fonte: Antonio, J. C. (2019).

1.2.2. Processo de defumação

A defumação é considerada um dos procedimentos mais antigos para conservar carnes (Li et al., 2018). O primeiro relato de defumação em alimentos foi há 2.000 anos na Polônia (Ledesma et al., 2016). A descoberta da ação conservadora da fumaça ocorreu posteriormente (Šimko, 2009; Hobson et al., 2018). Esse processo aumenta o prazo de validade e aprimora o aroma e sabor do produto *bacon*.

Segundo o Artigo 424, do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (Brasil, 1980), entende-se por defumados

os produtos que, após o processo de cura são submetidos à defumação, para lhes dar aroma e sabor característico, além de um maior prazo de vida comercial por desidratação parcial. Segundo o Decreto nº 9013, é permitido defumação a quente ou a frio (Brasil, 2017).

No método de defumação a frio, a temperatura da fumaça deve estar abaixo de 30°C (Ahmad, 2003), essa temperatura é obtida através da regulação do ar ou pela passagem de fumaça através de um trocador de calor (Woods, 2003; Ledesma et al., 2016). Esse método é o mais utilizado para presuntos crus, salame, chouriço (Ledesma et al., 2016).

O método mais utilizado para defumação da carne indicada para produzir *bacon* é o quente, que consiste na degradação térmica da madeira para produzir fumaça (Siverrndiran et al., 2018; Soladoye et al., 2017). O método de defumação quente é descrito no capítulo três dessa dissertação.

Durante o processo de defumação ocorre a pirólise de madeira dura, seca e não resinosa (Brasil, 2012), com liberação de compostos voláteis, tais como: fenóis, carbonilas, ácidos orgânicos e aldeídos. Estes compostos interagem com o produto cárneo, contribuindo positivamente para as características sensoriais do *bacon*.

As reações químicas durante a defumação são complexas, ocorrendo reações endotérmicas e exotérmicas simultaneamente, com produção e liberação de compostos voláteis, os quais participam da reação em cadeia durante a pirólise (Figueroa & Moraes, 2009).

A hemicelulose é o primeiro carboidrato da madeira a sofrer despolimerização térmica, podendo produzir neste processo ácido acético, dióxido de carbono, anidroglicose, compostos carbonílicos e furanos (Figueroa & Moraes, 2009; Montazeri et al., 2013). A decomposição térmica da celulose segue temporalmente a da hemicelulose e gera compostos similares, com exceção do ácido acético e do dióxido de carbono (Montazeri et al., 2013).

A celulose e a hemicelulose conferem cor ao alimento defumado. Mais resistente, termicamente, que os outros carboidratos, a lignina requer maior temperatura e tempo na pirólise, para a produção de compostos fenólicos, como fenol, guaiacol (2-metoxifenol) e siringol (2,6-dimetoxifenol) (Figueroa & Moraes, 2009; Li et al., 2018; Hobson et al., 2019).

Os polímeros celulose, hemicelulose e lignina variam em sua percentagem e na sua composição, dependendo do tipo e espécie da madeira. Desse modo,

diferenças qualitativas e quantitativas nas composições químicas das madeiras podem produzir substâncias variadas na defumação, promovendo variação quanto à qualidade dos alimentos defumados.

Segundo Ghoshal (2018), a defumação oferece as seguintes vantagens:

- segurança alimentar: inativa as bactérias da superfície dos alimentos.
- A qualidade do sabor e aroma é muito gratificante e satisfatória nos produtos defumados, e tem superfície de cor altamente impressionante e única.

O aroma e o sabor típicos de defumado dependem do processamento do *bacon* e dos compostos voláteis gerados pela pirólise da lignina. A cor do *bacon* defumado pode variar do amarelo até marrom escuro, dependendo da quantidade de carboidratos da madeira (celulose e hemicelulose) utilizada e das reações de Maillard (Gava, Silva & Frias, 2008).

A defumação do *bacon* é empregada com finalidade conservadora, em virtude dos efeitos combinados da salga, cocção, secagem e deposição de substâncias químicas bactericidas presentes na fumaça, como fenóis, aldeídos e ácidos orgânicos (Lorenzo, et al., 2010; Franco et al., 2013; Saldaña et al., 2019). Além desses benefícios, a defumação confere ao *bacon* qualidades sensoriais, como aroma, sabor, coloração e agrega valor ao produto.

A madeira utilizada na defumação do *bacon* deve ser seca, rígida-densa, sem casca e não conter resina ou outros produtos químicos como verniz. O tipo de madeira afetará o perfil de compostos voláteis produzidos pela fumaça, pois a composição da madeira varia na quantidade de hemicelulose, celulose e lignina, que são as fontes de muitos compostos voláteis produzidos.

A composição variada da madeira é o que contribui para as diferenças de sabor e cor do produto defumado, pode ser obtida com o uso da madeira do eucalipto, acácia, bracatinga (Saldaña et al., 2019) e várias outras fontes de madeira. Cada tipo de madeira irá gerar um aroma específico, desde os mais adocicados ao pungente, amadeirado e defumado.

1.3. MADEIRAS UTILIZADAS NA DEFUMAÇÃO DE BACON

No Brasil foram plantadas 9,85 milhões de hectares de florestas, o que impulsionou o setor de florestas plantadas e o preço competitivo da madeira. Atualmente, a madeira tem diversos usos industriais, entre eles a produção de polpa celulósica e papel, carvão vegetal, silvicultura, lenha e cavacos (IBGE, 2018).

O uso de madeiras de reflorestamento mostra um potencial para o uso na defumação em larga escala, de modo ambientalmente sustentável. As madeiras que já foram utilizadas em pesquisa e no processo de defumação do produto *bacon* são a acácia (*Acácia mearnsii* e *Acácia Mangium*), a bracatinga (*Mimosa Scabrella*), a teca (*Tectona Grandis*), o eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) entre outras (Saldanã et al., 2018).

Não há relato na literatura, sobre qual madeira é utilizada pelas indústrias brasileiras no processo de defumação do *bacon*. A madeira eucalipto, por exemplo é a mais utilizada no processo de defumação de queijo (Luz, 2013; Laguna & Egito, 2008) e linguiça defumada (Fernandes et al., 2014).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), do total de hectares de florestas plantadas, 75,2 % são de eucalipto. Segundo Saldanã et al. (2018), *bacons* defumados com a madeira da acácia apresentam características sensoriais semelhantes ao *bacon* comercializado no Brasil. Assim, torna-se viável a investigação dos compostos voláteis gerados pela pirólise da madeira *Eucalyptus citriodora* e da *Acácia mearnsii* na defumação de *bacon*.

As composições químicas das madeiras são caracterizadas pela presença de componentes fundamentais (composição química) e acidentais (componentes que não fazem parte da parede celular), são consideradas fundamentais as partes integrantes das paredes da fibra, como a celulose, hemicelulose e a lignina (Huang et al., 2018).

Os componentes fundamentais da madeira são responsáveis por determinar características como cor, aroma, resistência natural, propriedades abrasivas e nas decomposições dos extrativos fundamentais da madeira são encontrados os compostos fenólicos (Zanuncio et al., 2013). Os fenóis são componentes mais diretamente envolvidos no desenvolvimento do aroma defumado do *bacon*, tendo também ação antioxidante, retardando a rancificação da gordura (Ordóñez, 2005).

1.3.1. Descrição das espécies do estudo

Nesse trabalho de revisão foi abordada a descrição das madeiras de reflorestamento *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*, pois essas madeiras são o objetivo do estudo apresentado no capítulo três.

1.3.1.1. *Eucalyptus citriodora*

Figura 2 - Eucalipto manejado para o uso de madeira.
Fonte: Embrapa foto de Estefano Paludzyszyn Filho

O gênero *Eucalyptus citriodora* tem a sua origem na Austrália, Indonésia e outras ilhas da Oceania. Embora existam cerca de 730 espécies reconhecidas pela botânica, não mais que 20 delas são hoje utilizadas comercialmente, em todo o mundo (Filho et al., 2020). Os primeiros estudos científicos com o eucalipto foram iniciados em 1904, pelo Eng. Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, no Horto Florestal de Rio Claro, SP (Filho et al., 2020).

As características da madeira *Eucalyptus citriodora*, em base úmida, são de 10,5% de extrativos totais, 31% de lignina total, 3,4% de lignina solúvel e 58,6% de holocelulose (celulose e hemicelulose), (Soletti, 2018). Os compostos fenólicos são derivados da lignina, os quais é liberados durante a pirólise da madeira. Os fenóis da fumaça são os que mais contribuem para o aroma típico de defumado.

Atualmente, existem no Brasil cerca de 7,3 milhões de hectares de florestas plantadas de eucalipto (IBGE, 2018). A madeira da espécie *Eucalyptus citriodora* é também conhecida como “eucalipto cheiroso”, é utilizada na produção de carvão vegetal, cabos de ferramentas, cercas, lenhas e na defumação de alimentos.

As regiões Sul e Sudeste possuem as maiores áreas plantadas de florestas de eucalipto, 41,9 %. Os plantios estão localizados principalmente nos estados do Paraná, seguido por Minas gerais e Santa Catarina (IBGE, 2018). Nos últimos setes anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 11% ao ano, segundo a Indústria Brasileira de Árvore (IBÁ, 2019).

A espécie *Eucalyptus citriodora* é bastante atraente devido suas características como a boa adaptação fisiológica em diferentes regiões brasileiras e por sua múltipla utilidade.

1.3.1.2 *Acácia mearnsii*

Figura 3 - *Acácia mearnsii*
Fonte: CIFlorestas

A *Acácia mearnsii* é nativa de Sydney, na Austrália. O crescimento dessa árvore é rápido, tem vida média de 36 anos e é encontradas em altitudes variam desde o nível do mar até 850 m, é uma árvore de até 15 metros de altura. A acácia é adaptável a quase todos os ambientes.

De acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvore (IBÁ), em 2019, foram plantados 127.600 hectares de árvores da espécie a *Acácia mearnsii* (IBÁ, 2019). A acácia ocupa o quarto lugar entre as espécies de florestas exóticas plantadas. A composição química da madeira *Acácia mearnsii* em base úmida é 4,4 % de extrativos totais, 21 % de lignina insolúvel, 2,4 % de lignina solúvel e 73 % de holocelulose. Os produtos da lignina são as principais fontes dos derivados fenólicos e fonte do sabor defumado em alimentos (Hong et al., 2019).

O aproveitamento da madeira é direcionado principalmente para a polpa de celulose, construção civil, carvão (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 2020) e cavacos para defumação de alimentos. Estudo sobre *bacon* defumado com a madeira acácia relata que o produto tem as características sensoriais são semelhantes ao *bacon* comercializado no Brasil (Saldaña et al., 2019).

1.4. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

As identificações dos compostos voláteis são feitas em instrumentos de cromatografia gasosa (GC) e de espectrometria de massas (MS), sendo precedidas por uma etapa de extração. Para Feng (2017), atualmente, os métodos mais utilizados para análise de compostos voláteis são a GC-olfametria (GC-O) e a microextração em fase sólida (SPME). O método GC-O pode ser utilizado em conjunto com a SPME (Huang et al., 2018; Kert et al., 2018).

O perfil de compostos voláteis pode ser estudado através da SPME associada à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). A técnica de SPME tem sido empregada com sucesso para análise qualitativa e quantitativa de compostos voláteis (Jiang et al., 2012), ela oferece um alto desempenho, é uma técnica sensível, tem sido amplamente utilizada para análise de diferentes produtos à base de carne (Argyri et al., 2015; Feng et al., 2017).

1.4.1. A técnica de microextração em fase sólida.

A técnica de SPME é uma ferramenta atraente para a extração dos compostos de aromas alimentares. Essa técnica, foi utilizada para a extração dos compostos voláteis presentes em peito de frango (Klein et al., 2017; Franke & Beauchamp, 2017), carne suína (Penaranda & Garrido, 2017) e bacon (Ai-Nong & Bao-Guo et al., 2005; Gionelle et al., 2012; Krvavica & Milak, 2017; Li et al., 2018; Saldaña et al., 2019; Luo et al., 2020).

Uma quantidade relativamente elevada de artigos acadêmicos publicados utiliza a microextração em fase sólida (SPME) para extração de aromas alimentares (Yu et al., 2008; Feng et al., 2017; Gong et al., 2017; Saldaña et al., 2019; Li et al., 2018; Argyri et al., 2018; Roasa et al., 2019 & Huang et al., 2019). Comparada aos outros métodos de extração, a SPME oferece uma maneira rápida de obter um perfil de compostos voláteis.

A SPME é uma das técnicas de extração, que se desenvolveu rapidamente devido as suas vantagens, a primeira é a sua simplicidade de extração, que pode ser automatizada ou de forma manual (Jelén et al., 2012). Na forma automatizada, pode ser incorporado um módulo de SPME em alguns GCs, o módulo contém um

suporte que é reutilizável e as fibras podem ser substituídas. A segunda vantagem é a escolha do revestimento da fibra, pois pode ser adaptada à fase de extração de cada alimento (Jelén et al., 2012; Luo et al., 2020).

Devido à especificidade das matrizes alimentares, presença de açúcares, lipídios, proteínas, corantes e outros produtos não voláteis, a SPME é utilizada como método de extração do espaço livre (*headspace*), e é baseada na partição dos analitos (Roasa et al., 2019, Krvavica et al., 2019; Jelén et al., 2012; Miks-Krajnik et al., 2015).

A extração dos compostos voláteis pela microextração em fase sólida é demonstrado na Figura 4, o septo é perfurado com a ponta metálica do holder e expõe a fibra no *headspace* do vial, a fibra deve ficar no centro do septo de cada vial.

Figura 4- Uso da fibra SPME para o processo de extração e de dessorção dos compostos extraído para análise por GC.

Fonte: Valente & Augusto 2000.

Após o equilíbrio e a extração dos compostos voláteis no *headspace*, a fibra contendo os analitos adsorvidos (Figura 2), tem a dessorção térmica no injetor do sistema cromatográfico (Machiels & Istasse, 2003; Yu *et al.*, 2008; Valente & Augusto, 2000) onde são termicamente dessorvidos sob o fluxo do gás de arraste e

transferidos para a coluna cromatográfica (Valente & Augusto, 2000), o que permite a separação e posterior identificações dos compostos voláteis. Várias classes de compostos orgânicos já foram identificadas nos *bacon*, como álcoois, aldeídos, cetonas, furanonas e furanos, cetonas, compostos fenólicos e compostos de enxofre (Yu et al., 2008; Li et al, 2018).

A Tabela 2 foi desenvolvida com revisões de artigos científicos que citam os compostos voláteis identificados em produtos de *bacon*. Esses voláteis são apenas uma parte dos compostos responsáveis por conferir aromas específicos.

A fumaça de madeira pode conter mais de 300 componentes químicos identificados (Huang et al., 2018), alguns desses compostos são responsáveis por aromas específicos, como o 2-metil-fenol, guaiacol, fenol e o 3-4-dimetilfenol, que são compostos que proporcionam aroma de defumado ao *bacon*.

Tabela 2. Compostos voláteis correlacionados com descrição do aroma e métodos utilizados na identificação.

Compostos		Descrição do Aroma	Método de identificação
Aldeídos			
	2-metil Propanal	Pungente ⁵	GC-MS/O ⁵ GC- MS/O ^{1, 5} e HS- SPME ^{3,4}
	3- metil Butanal	Caramelo ¹ , Malte ^{3, 4, 5}	GC-MS/O ^{1, 5} e SPME ^{5,7}
	2-metil Butanal	Chocolate ¹ , malte ^{3, 5, 6, 7}	GC- MS/O ^{1, 5} e HS- SPME ^{3,4}
	Pentanal	Amêndoa ⁴ , malte, picante ¹ , fermentado ^{5, 6}	GC- MS/O ^{1, 5} e HS-SPME ⁴
	Hexanal	Sebo, gordura ^{1, 4, 5, 6}	GC- MS/O ^{1, 5}
	Furfural	Pão, amêndoa, doce ¹ , noz ^{5, 6}	GC- MS/O ^{1, 5}
	Heptanal	Cítrica, rançosa ^{1, 5, 6}	GC- MS/O ^{1, 5} GC- MS/O ^{1,} e HS-SPME ⁴
	Benzaldeido	Amêndoa, açúcar queimado ^{1, 4, 6}	GC- MS/SPME ⁵ GC- MS/O ^{1,} e HS- SPME ^{4,5}
	5-metil Furfural	Chocolate ⁵	
	Octanal	Gordura, sabão, limão, verde ¹ , casca de laranja ^{4, 5, 6}	
	Nonanal	Molho, verde ¹ , gordura, cítrico ²	
Cetonas			
	2-butanona	Chocolate, queimado ^{1, 5, 6}	GC-MS/O ¹ e SPME ⁵
	1-hidroxi-2-propanona		
	3-metil 2-Ciclopenten-1-Ona		

3-metil-2-Ciclopenten-1-Ona		
2,3-dimetil-2-Ciclopente-1-Ona		
1-fenil-Etanona		
Compostos nitrogenados		
Pirazina	Noz, torrado ¹⁰	GC-MS/FID ¹⁰
Metil-pirazina		
Hidrocarbonetos aromáticos		
Tolueno	Pintura ^{1, 4}	GC-MS/O ¹ e SPME ⁴
1-octeno		
2-octeno		
Xileno	Gerânio ^{1, 4}	GC-MS/O ¹ e SPME ⁴
Estireno	Doce, balsâmico, floral ⁶	
Etilbenzeno	Aromático, pingente, doce ¹	GC-MS/O ¹
Furanos		
Álcool furfurílico	Queimado ¹ , grão ⁵	GC-MS/O ¹ e SPME ⁵
2-acetil-furano	Azeite, vinagre ⁵	
Fenóis		
Fenol	Doce, irritante ⁷	
2-metil-fenol	Vinagre, verde ⁵ , amadeirado ⁸	SPME ⁵
4-metil fenol	Defumado ⁸	
Guaiacol	Vinagre, verde ⁵ , defumado ⁸ , bacon ⁹	SPME ⁵
3,4-dimetil fenol	Defumado ⁸	
4-etil fenol	Fenol, especiaria, defumado ⁹	SPME ⁵
3 etil fenol		
2-Methoxi-3-Meti-fenol		
4-etil guaiacol	Defumado ⁸ , amadeirado, fenol, especiaria ⁹	SPME ⁵

Álcoois	2-Metoxi-4-Vinilfenol	Cravo ⁷ , defumado ⁸	GC-MS/O ¹ e SPME ⁵
	1-hidroxi-2-metoxi-4-metilbenze	Leite, doce ⁵	
	2-etil-1-hexanol	Flor, lavanda ¹ , vinagre ⁵	GC-MS/O ¹ e SPME ⁵ SPME ⁴
	Álcool benzílico	Doce ⁴ , fruta ⁷	

¹ Machiels, D. et al. **Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats**. Talanta, vol. 60, ed. 4, pg. 755-764, 2003.

² Utama DT, Lee CW, Park YS, Jang A, Lee SK. **Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of Chikso and Hanwoo beef**. Asian-Australas J Anim Sci. 2018;31(9):1500–1506. doi:10.5713/ajas.17.0902

³ Feng, Y., Su, G., Sun-Waterhouse, D. et al. Comida Anal. Methods (2017) 10: 713. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0612-5>

⁴ Gong, et al. **Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC–MS detection**. Food Science and Human Wellness 6 (2017) 137–146

⁵ Huang, et al. **Identification of odorous constituents of bamboo during thermal treatment. Construction and buiding materials**, vol 203, pg. 104-110, 2019.

⁶ kert, C. R. & Miller, R. **Beef flavor: a review from chemistry to consumer**. J Sci Food Agric 2015;95: 2783–2798

⁷ Tian, H. et al. **Quality Evaluation of Beef Seasonings Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Electronic Nose: Correlation with Sensory Attributes and Classification According to Grade Level**. Food Analytical Methods, v. 6, n. 8, p. 1522–1534, 2015.

⁸ Wang, H. & Chambers IV, E. **Sensory Characteristics of Various Concentrations of Phenolic Compounds Potentially Associated with Smoked Aroma in Foods, Molecules**, vol. 23, ed. 4, pg. 780, 2018.

⁹ Lentz, M. **The Impact of Simple Phenolic Compounds on Beer Aroma and Flavor, Fermentation** 2018, 4, 20; doi:10.3390/fermentation4010020, 2018"

¹⁰ M.D. Aaslyng. **A chemical and sensory characterization of enzyme-hydrolyzed protein in relation to flavoring applications** (Ph.D.) The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark (1998).

Compostos voláteis do *bacon*

Através de revisões bibliográficas foi possível verificar que a quantidade de compostos voláteis pode variar. Na Tabela 2 são apresentados quarenta compostos voláteis que podem estar presentes no *bacon*. Em estudo de Saldaña et al. (2019) com amostras de *bacon* defumado com madeira de reflorestamento, foram encontrados trinta e nove compostos. Li et al. (2018) encontraram cinquenta e seis compostos voláteis em amostras de *bacon* defumado com madeira não resinosa.

A quantidade de compostos é diferente para cada análise de *bacon*, pois depende de vários fatores e esses influenciam o aroma do produto. Além disso, o aroma obtido pela defumação é formado por várias reações como a degradação de ácidos graxos, reação de Maillard, incluindo a degradação de Strecker.

Os aldeídos são responsáveis por contribuir para o aroma único do *bacon*, devido à sua rápida formação durante a oxidação lipídica e os baixos limiares de odor (Pérez-Santaescolástica et al., 2018). Durante o processamento térmico ocorre simultaneamente a degradação térmica e oxidativa dos triglicerídeos.

Na falta de oxigênio, os lipídios são degradados termicamente por desidrogenação e clivagem do carbono. Através da hidrólise, os ácidos graxos (oléico, linoléico, linolênico e araquidônico) são liberados os aldeídos lineares insaturados (Ho, Oh & Bae, 1994; Flores et al., 1997; Narvárez-Rivas; Gallardo & León-Chamacho, 2012). A principal via de formação dos aldeídos de cadeias ramificadas é a desaminação oxidativa, provavelmente pela via da degradação de Strecker (Narvárez-Rivas; Gallardo & León-Chamacho, 2012).

Uma das etapas envolvida no processamento do *bacon* é a defumação com madeira dura, seca e não resinosa, formando compostos fenólicos, a partir da degradação térmica da lignina (Ansorena et al., 2001; Yun & Sun, 2000; Sung et al., 2013). Os termos sensoriais mais comuns associados aos compostos relacionados ao fenol são amadeirados e defumados (Huang et al., 2019; Li et al., 2018). Os furanos também são produzidos por causa da fumaça e da reação de Maillard (Yu et al., 2008; Huang et al., 2019).

Os hidrocarbonetos alifáticos não contribuem significativamente para o aroma dos produtos cárneos (Gómez & Lorenzo, 2013), enquanto os hidrocarbonetos aromáticos podem desempenhar um papel importante no aroma do

bacon (Ramírez & Cava, 2007; Pérez-Santaescolástica et al., 2018). A principal fonte dos hidrocarbonetos é a autooxidação lipídica (Ansorena et al., 2001; Flores et al., 1997; Ramírez & Cava, 2007; Pérez-Santaescolástica et al., 2018).

As pirazinas são formadas pela reação entre açúcares e aminoácidos, através da degradação de Strecker (Sung, 2013). O aroma das pirazinas está ligado ao aroma do produto curado e defumado, (Sung, 2013).

As cetonas são consideradas produtos secundários formados durante a oxidação lipídica, degradação de alcanos e desidrogenação bacteriana de álcoois secundários (Li et al., 2018; Casaburi et al., 2015).

Os álcoois encontrados em produtos cárneos são de atividade proteolítica, redução de metil cetona, bem como redução de aldeídos provenientes da oxidação lipídica (Garcia et al. 1991; Smit; Engels & Smit, 2009; Casaburi et al., 2015).

CONCLUSÃO

O estudo dos compostos voláteis do *bacon* defumado é de grande importância por avaliar os compostos que proporcionam aroma ao produto, que influencia na aceitabilidade e qualidade do produto. O aroma do *bacon* é resultado de um conjunto de procedimentos, sendo influenciado pela qualidade da carne suína e pelo processamento, no qual a gordura e a defumação desempenham um papel importante no desenvolvimento das características físicas e químicas.

A defumação tradicional (a quente), utilizada no processamento do *bacon* acarreta vários benefícios, como cor, sabor defumado. Além de possui propriedades antioxidantes, retardando a oxidação lipídica. A madeira *Eucalyptus citriodora* uma das espécies de reflorestamento, ocupa o primeiro lugar de florestas plantada no Brasil. A acácia ocupa o quarto lugar das florestas. A composição química (lignina, celulose e hemicelulose) de cada espécie de madeira pode gerar compostos voláteis distintos, durante o processo de defumação, contribuindo para o aroma e sabor do *bacon*. Deste modo, é viável avaliar o uso dessas duas madeiras (*Eucalyptus citriodora* e da *Acácia mearnsii*) no processo de defumação e analisarmos os compostos voláteis produzidos.

REFERÊNCIAS

- AASLYNG, Margit Dall; KOCH, Anette Granly. **The use of smoke as a strategy for masking boar taint in sausages and bacon.** Food Research International, v. 108, p. 387–395, 2018.
- AHMAD, J. I. **Smoked foods/applications of smoking.** Encyclopedia of food sciences and nutrition (2nd ed.) p. 5309-5316, 2003.
- ANSORENA, Diana; GIMENO, Olga; ASTIASARÁN, Iciar; et al. **Analysis of volatile compounds by GC–MS of a dry fermented sausage: chorizo de Pamplona.** Food Research International, v. 34, n. 1, p. 67–75, 2001.
- Andreo, N.; Bridi, A.M.; Silva, C.A.; Soares, A.L.; Peres, L.M.; Trevisan, B.R.A.; Correia, E.R.; Delgado, J.S.; Vero, J.G.; Oliveira, K. de ; Arruda, M.C.G de; Contini, P.S. Composição de ácidos graxos de suínos imunocastrados. **Saúde animal e Humanas.** Compesah, Londrina, v. 3, s.3, 2016.
- ARGYRI et al., **The dynamics of the HS/SPME–GC/MS as a tool to assess the spoilage of minced beef stored under different packaging and temperature conditions.** International Journal of Food Microbiology. v. 193, p. 51-58, 2015.
- AROWOLO, Folagbayi K.; YANG, Xing; BLASER, Morgan E.; et al. **Presence of lipid 7oxidation products in swine diet lowers pork quality and stability during storage.** Meat Science, v. 160, p. 107946, 2020.
- BENLI, Hakan. Continuing Controversies Regarding Human Health Concerns from Nitrite and Nitrate Consumption in the Diet. In: MALIK, Abdul; ERGINKAYA, Zerrin; ERTEN, Hüseyin (Orgs.). **Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies.** Cham: Springer International Publishing, 2019, p. 501–511. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24903-8_17.
- BERMÚDEZ, Roberto; FRANCO, Inmaculada; FRANCO, Daniel; et al. **Influence of inclusion of chestnut in the finishing diet on fatty acid profile of dry-cured ham from Celta pig breed.** Meat Science, v. 92, n. 4, p. 394–399, 2012.
- BENET, Iu; GUÀRDIA, Maria Dolors; IBAÑEZ, Carles; et al. **Analysis of SPME or SBSE extracted volatile compounds from cooked cured pork ham differing in intramuscular fat profiles.** LWT - Food Science and Technology, v. 60, n. 1, p. 393–399, 2015.
- BRASIL – **Instrução Normativa nº21 de 31 de Julho de 2000** - Regulamento técnico de Identidade e qualidade de *Bacon* ou Barriga Defumada. Disponível em: http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/carnes_bacon.htm.

BRASIL - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de metadados estatísticos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010, (Relatório de Processo). Disponível em: <<http://www.metadados.ibge.gov.br/principalRelatorioPesquisa.aspx?codPesq=OF>>. Acesso em: 19. Nov. 2019.

BRAGAGNOLO, N; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs**. Food Chemistry, v. 79, n. 2, p. 255–260, 2002.

BRUWER, G.G., HEINZE, P.H., ZONDAGH, I.B. and Naudé, R.T. 1991. The **Development of a New Classification System for Pig Carcasses in the RSA**. Porcus., December/January: 27–31. Disponível em <http://www.rmrdsa.co.za/Portals/0/Meat%20Symposium%20documents/Proceedings%206%20th%20Meat%20Symposium%20Part%201.pdf#page=80>.

CASABURI, Annalisa; PIOMBINO, Paola; NYCHAS, George-John; et al. **Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage**. Food Microbiology, v. 45, p. 83–102, 2015. (Spoilers, wonder spores and diehard microorganisms: New insights to integrate these super foes in food spoilage risk management).

CHANNON, H. A.; KERR, M. G.; WALKER, P. J. **Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin**. Meat Science, v. 66, n. 4, p. 881–888, 2004.

CHANNON, H. A.; D'SOUZA, D. N.; DUNSHEA, F. R. **Diet composition and slaughter age up to 24weeks have minimal impact on pork eating quality of loin steaks and silverside roasts from female pigs**. Meat Science, v. 135, p. 94–101, 2016.

CHANNON, H. A.; D'SOUZA, D. N.; DUNSHEA, F. R. Diet composition and slaughter age up to 24weeks have minimal impact on pork eating quality of loin steaks and silverside roasts from female pigs. **Meat Science**, v. 135, p. 94–101, 2018.

CORINO, Carlo; ROSSI, Raffaella; CANNATA, Susanna; et al. **Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: Systematic review and meta-analysis**. Meat Science, v. 98, n. 4, p. 679–688, 2014.

DEL BIANCO, Silvia et al, Influence of dietary cardoon meal on volatile compounds and flavour in lamb meat, **Meat Science**, v. 163, p. 108086, 2020.

DELGADO, G. L; GÓMEZ, C. S; RUBIO, L. M. S; et al. **Fatty acid and triglyceride profiles of intramuscular and subcutaneous fat from fresh and dry-cured hams from Hairless Mexican Pigs**. Meat Science, v. 61, n. 1, p. 61–65, 2002.

ESTANY, J.; ROS-FREIXEDES, R.; TOR, M.; et al. **TRIENNIAL GROWTH AND DEVELOPMENT SYMPOSIUM: Genetics and breeding for intramuscular fat and oleic acid content in pigs**. Journal of Animal Science, v. 95, n. 5, p. 2261–2271, 2017.

FÁVERO et al., Nutrição. **Embrapa Suínos e aves**. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/SP/suinos/nutricao.html>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

FENG, Yunzi; SU, Guowan; SUN-WATERHOUSE, Dongxiao; et al. **Optimization of Headspace Solid-Phase Micro-extraction (HS-SPME) for Analyzing Soy Sauce Aroma Compounds via Coupling with Direct GC-Olfactometry (D-GC-O) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)**. Food Analytical Methods, v. 10, n. 3, p. 713–726, 2017.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Ambiente Construído, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

FILHO et al. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. - Portal **Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/977455/escolha-de-cultivares-de-eucaliptos-em-funcao-do-ambiente-e-do-uso>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

FRANKE, C.; BEAUCHAMP, J. **Real-Time Detection of Volatiles Released During Meat Spoilage: a Case Study of Modified Atmosphere-Packaged Chicken Breast Fillets Inoculated with Br. thermosphacta**. Food Analytical Methods. v. 10 p. 310-319., 2017.

FRANKEL, Edwin N. Chapter 11 - Foods. In: FRANKEL, Edwin N. (Org.). **Lipid Oxidation (Second Edition)**. [s.l.]: Woodhead Publishing, 2012, p. 299–354. (Oily Press Lipid Library Series). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780953194988500126>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

FLORES, Mónica; GRIMM, Casey C.; TOLDRÁ, Fidel; et al. Correlations of Sensory and Volatile Compounds of Spanish “Serrano” Dry-Cured Ham as a Function of Two Processing Times. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 6, p. 2178–2186, 1997.

FREIXO Rodrigues, G.; De Oliveira Amaral, N.; Gomes de Moraes Amaral, L.; Francisco dos Santos, I.; Lima Dias, M.; Oliveira Silva, T.; Maria Fonseca da Silva, H.; Paula Cardoso Gomide, A. Desempenho e qualidade de carcaça de suínos machos castrados, fêmeas e machos imunocastrados de diferentes potenciais genéticos. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v. 13, n. 3, p. 107-114, 1 mar. 2018.

FRANCO, Inmaculada; CRISTINA ESCAMILLA, M.; GARCÍA, José; et al. **Fatty acid profile of the fat from Celta pig breed fattened using a traditional feed: Effect of the location in the carcass**. Journal of Food Composition and Analysis, v. 19, n. 8, p. 792–799, 2006.

FRANCO et al. **Microbiological quality and shelf life of smoked fillets of Nile tilapia under refrigeration or freezing**. Pesq. agropec. bras. v.48, n.8, p.1071-1079, ago. 2013 DOI: 10.1590/S0100-204X2013000800037.

FERNANDES, A. F.; FIOZI, C. N. B.; MACHADO, J. G. C. F. **O potencial de certificação de denominação de origem nos produtos do distrito de Varpa.** Fórum Ambiental, v. 10 n. 9, 2014.

GAN, Xiao; LI, Hongjun; Wang, Zhaoming; et al. **Does protein oxidation affect proteolysis in low sodium Chinese traditional bacon processing?** Meat Science, v. 150, p.14-22, 2019.

GAVA, Altanir Jaime; SILVA, Carlos Alberto Bento da; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. **Tecnologia de alimentos.** [s.l.]: NBL Editora, 2008.

GARCIA, C.; BERDAGUÉ, J. J.; ANTEQUERA, T.; et al. **Volatile components of dry cured Iberian ham.** Food Chemistry, v. 41, n. 1, p. 23–32, 1991.

GUO, Xin; HUANG, Feng; ZHANG, Hong; et al. **Classification of traditional Chinese pork bacon based on physicochemical properties and chemometric techniques.** Meat Science, v. 117, p. 182–186, 2016.

GUZEK, Dominika; GŁĄBSKA, Dominika; GŁĄBSKI, Krzysztof; et al. **Influence of Duroc breed inclusion into Polish Landrace maternal line on pork meat quality traits.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 88, n. 2, p. 1079–1088, 2016.

GHOSHAL, Gargi. Chapter 2 - Emerging Food Processing Technologies. In: GRUMEZESCU, Alexandru Mihai; HOLBAN, Alina Maria (Orgs.). **Food Processing for Increased Quality and Consumption.** [s.l.]: Academic Press, 2018, p. 29–65. (Handbook of Food Bioengineering). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128114476000023>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

GIANELLI, María Pía; SALAZAR, Vanessa; MOJICA, Luis; et al. **Volatile compounds present in traditional meat products (charqui and longaniza sausage) in Chile.** Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 55, n. 4, p. 603–612, 2012.

GORBATOV, V. M.; LYASKOVSKAYA, Yu. N. **Review of the flavour-contributing volatiles and water-soluble non-volatiles in pork meat and derived products.** Meat Science, v. 4, n. 3, p. 209–225, 1980.

GERBENS, F.; VERBURG, F. J.; VAN MOERKERK, H. T.; et al. Associations of heart and adipocyte fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 2, p. 347–354, 2001.

GÓMEZ, María; LORENZO, José M. **Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened “chorizo” from Celta pig breed.** Meat Science, v. 95, n. 3, p. 658–666, 2013.

GONG, Hui; YANG, Zhen; LIU, Meng; et al. **Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC–MS detection.** Food Science and Human Wellness, v. 6, n. 3, p. 137–146, 2017.

HOBSON, A.; JOHNSON, R.; O'QUINN, T.; et al. **Natural Hardwood Smoked Sugar Improves Oxidative and Flavor Stability of Naturally Cured, Aerobically Packaged, Food Service Bacon.** Meat and Muscle Biology, v. 2, n. 2, p. 51–51, 2018.

HONIKEL, KARL-OTTO. **The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products.** Meat Science v.78 p.68–78, 2008.

HO, C.-T.; OH, Y.-C.; BAE-LEE, M. The flavour of pork. *In*: SHAHIDI, Fereidoon (Org.). **Flavor of Meat and Meat Products.** Boston, MA: Springer US, 1994, p. 38–51.

HUGO, Arno; ROODT, Eileen. **Significance of Porcine Fat Quality in Meat Technology: A Review.** Food Reviews International, v. 23, n. 2, p. 175–198, 2007.

HUANG, Yechuan; LI, Hongjun; HUANG, Tian; et al. **Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon.** Food Chemistry, v. 19, p. 31–39, 2014.

HAN, Dong; Zhang, Chun-Hui; FAUCONNIER, Marie-Laure; *et al.* Caracterização e diferenciação de suínos cozidos de suínos tibetanos, Sanmenxia e Duroc × (Landrac × Yorkshire) por perfis voláteis e análises quimiométricas. **Food Research International** , v. 130, p. 108910, 2020.

IACUMIN, Lucilla; MANZANO, Marisa; COMI, Giuseppe. **Catalase-positive cocci in fermented sausage: Variability due to different pork breeds, breeding systems and sausage production technology.** Food Microbiology, v. 29, n. 2, p. 178–186, 2012.

JELEŃ, Henryk H.; MAJCHER, Małgorzata; DZIADAS, Mariusz. **Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review.** Analytica Chimica Acta, v. 738, p. 13–26, 2012.

JIANG, Y. Z.; ZHU, L.; TANG, G. Q.; et al. **Carcass and meat quality traits of four commercial pig crossbreeds in China.** Genetics and molecular research: GMR, v. 11, n. 4, p. 4447–4455, 2012.

JIN, Guofeng; ZHANG, Jianhao; YU, Xiang; et al. **Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying-ripening.** Food Chemistry, v. 123, n. 2, p. 465–471, 2010.

KERT, C. R. & MILLER, R. **Beef flavor: a review from chemistry to consumer.** J Sci Food Agric. v. 1, n. 95: p2783–2798, 2015.

KRVAVICA, Marina; MILAK, Vedrana. Volatile flavour compounds of dalmatian dry-cured bacon manufactured in different technological conditions. *Meso : prvi hrvatski časopis o mesu*, v. XIX, n. 5, p. 406–419, 2017.

KLEIN et al. **Detection of Volatile Organic Compounds Arising from Chicken Breast Filets Under Modified Atmosphere Packaging Using TD-GC/MS**. *Food Analytical Methods*, p. 1-11, 2017.

LEE, S. H.; CHOE, J. H.; CHOI, Y. M.; et al. The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds. *Meat Science*, v. 90, n. 2, p. 284–291, 2012.

LI, Xinfu; ZHU, Jiancai; LI, Cong; et al. **Evolution of Volatile Compounds and Spoilage Bacteria in Smoked Bacon during Refrigeration Using an E-Nose and GC-MS Combined with Partial Least Squares Regression**. *Molecules*, v. 23, n. 12, p. 3286, 2018.

LU, Ping; LI, Defa; YIN, Jingdong; et al. **Flavour differences of cooked longissimus muscle from Chinese indigenous pig breeds and hybrid pig breed (Duroc×Landrace×Large White)**. *Food Chemistry*, v. 107, n. 4, p. 1529–1537, 2008.

LORENZO, José M.; PURRIÑOS, Laura; FONTÁN, María C. García; et al. **Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: “Androlla” and “Botillo”**. *Meat Science*, v. 86, n. 3, p. 660–664, 2010.

LEI, Huaigang; VALENTE, Tiago S .; Zhang, Chunyan; et al . Estimativa de parâmetros genéticos para características sensoriais no músculo longíssimo e sua associação com pH e gordura intramuscular em costeletas de porco. *Ciência Animal*, v. 238, p. 104080, 2020.

LEDESMA, E.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. **Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and prevention**. *Food Control*, v. 60, p. 64–87, 2016.

LAGUNA, L. E. & EGITO, A. S. **Processamento do queijo de coalho fabricado com leite de cabra maturado e defumado**. Sobral: Embrapa Caprinos, Circular técnica 90, 2008.

MAW, S. J.; FOWLER, V. R.; HAMILTON, M.; et al. **Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon**. *Livestock Production Science*, v. 68, n. 2, p. 119–130, 2001.

MACHIELS, D. et al. **Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats**. *Talanta*, vol. 60, ed. 4, pg. 755-764, 2003.

MURIEL, Elena; RUIZ, Jorge; VENTANAS, Jesús; et al. **Free-range rearing increases (n-3) polyunsaturated fatty acids of neutral and polar lipids in swine muscles**. *Food Chemistry*, v. 78, n. 2, p. 219–225, 2002.

MIKŠ-KRAJNÍK, Marta; YOON, Yong-Jin; YUK, Hyun-Gyun. **Detection of volatile organic compounds as markers of chicken breast spoilage using HS-SPME-GC/MS-FASST.** Food Science and Biotechnology, v. 24, n. 1, p. 361–372, 2015.

MARTÍNEZ, B.; RUBIO, B.; VIERA, C.; et al. **Evaluation of different strategies to mask boar taint in cooked sausage.** Meat Science, v. 116, p. 26–33, 2016.

MATTHEWS, K. R.; HOMER, D. B.; PUNTER, P.; et al. **An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries.** Meat Science, v. 54, n. 3, p. 271–283, 2000.

MONTAZERI, N.; OLIVEIRA, A. C. M.; HIMELBLOOM, B. H.; LEIGH, M. B.; CRAPO, C. A. **Chemical characterization of commercial liquid smoke products.** Food Science & Nutrition, v. 1, n. 1, p. 102–115, 2013.

MOTILVA, María-José; TOLDRÁ, Fidel; ARISTOY, María-Concepción; et al. **Subcutaneous Adipose Tissue Lipolysis in the Processing of Dry-Cured Ham.** Journal of Food Biochemistry, v. 16, n. 5, p. 323–335, 1992.

NARVÁEZ.-RIVAS, M.; GALLARDO, E.; LEÓN.-CAMACHO, M. **Analysis of volatile compounds from Iberian hams: a review.** Análisis de los compuestos volátiles del jamón ibérico: revisión., v. 63, n. 4, p. 432–454, 2012.

NILZÉN, V; BABOL, J; DUTTA, P. C; et al. **Free range rearing of pigs with access to pasture grazing — effect on fatty acid composition and lipid oxidation products.** Meat Science, v. 58, n. 3, p. 267–275, 2001.

NÜRNBERG, K; WEGNER, J; ENDER, K. **Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals.** Livestock Production Science, v. 56, n. 2, p. 145–156, 1998.

ORDÓÑEZ, Juan A.; RODRÍGUEZ, María Isabel Cambero; ÁLVAREZ, Leonides Fernandez; SANZ, María Luisa García; MINGUILLÓN, Gonzalo D. García de Fernando; PERALES, Lorenzo de La Hoz; CORTECERO, María Dolores Selgas; **Tecnología de Alimentos**, Vol. 1, Componentes dos Alimentos e Processos. p.43–44, 2005.

PENARANDA, I.; GARRIDO, M. D. **Sensory perception of meat from entire male pigs processed by different heating methods.** Meat Science, v. 134, p. 98–102., 2017.

PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; CARBALLO, J.; FULLADOSA, E.; et al. **Influence of high-pressure processing at different temperatures on free amino acid and volatile compound profiles of dry-cured ham.** Food Research International, v. 116, p. 49–56, 2019.

PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; CARBALLO, J.; FULLADOSA, E.; et al. **Effect of proteolysis index level on instrumental adhesiveness, free amino acids content and volatile compounds profile of dry-cured ham.** Food Research International, v. 107, p. 559–566, 2018.

PINHEIRO, Rennan Romullo; ARAUJO, Lina Raquel Santos Araujo; MELO, Juliana Mendes; et al. Perfil lipídico e composição de ácidos graxos da carne de suínos alimentados com rações contendo extrato etanólico da manga. 2016. **UFC** Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/48154>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

ROASA, Joy; LIU, Huaizhi; SHAO, Suqin. **An optimised HS-SPME-GC-MS method for the detection of volatile nitrosamines in meat samples.** Food Additives & Contaminants: Part A, v. 36, n. 3, p. 396–404, 2019.

ROCHA, Laudicéia; OLIVEIRA, Raquel; FILHO, Paulo; et al. **Panorama de criação de aves e caipiras em regiões periurbanas no município de Senador Canedo (GO), Brasil.** CIAIQ2016, v.3,2016.

RAMÍREZ, Rosario; CAVA, Ramón. **Volatile Profiles of Dry-Cured Meat Products from Three Different Iberian X Duroc Genotypes.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 55, n. 5, p. 1923–1931, 2007.

RENTFROW, G; SAUBER, T. E; ALLEE, G. L; et al. **The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality.** Meat Science, v. 64, n. 4, p. 459–466, 2003.

ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. **Water Activity: Theory and Applications to Food.** Marcel Dekker, New York, Inc. p. 404, 1987.

SALDAÑA, Erick; SALDARRIAGA, Luiz; CABRERA, Jorge; et al. **Relationship between volatile compounds and consumer-based sensory characteristics of bacon smoked with different Brazilian woods.** Food Research International, v. 119, p. 839–849, 2019.

SHAHIDI, Fereidoon (Org.). **Flavor of Meat and Meat Products.** Boston, MA: Springer US, 1994.

SINDELAR, J.; GLASS, K.; HANSON, R.; et al. **Validation of lethality processes for products with slow come up time: Bacon and bone-in ham.** Food Control, v. 104, p. 147–151, 2019.

SIVENDIRAN, T.; WANG, L. M.; HUANG, S.; et al. **The effect of bacon pump retention levels following thermal processing on bacon slice composition and sensory characteristics.** Meat Science, v. 140, p. 128–133, 2018.

SILVA, Natália Rocha. Enriquecimento da carne suína com blends de óleos: estudo dos parâmetros sanguíneos, perfil dos ácidos graxos e índices trombogênicos e aterogênicos. 2018. **Tese UFRN** Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/25544>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SILVA, Roberta Abrami Monteiro; PACHECO, Graziela Drociunas; VINOKUROVAS, Sylvia Luiza; et al. Association of ractopamine and antioxidants vitamins for finishing pigs. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 311–316, 2015.

ŠIMKO, Peter. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoked Meats. In: TOLDRÁ, Fidel (Org.). **Safety of Meat and Processed Meat**. New York, NY: Springer, 2009, p. 343–363. (Food Microbiology and Food Safety). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-89026-5_13>. Acesso em: 22 nov. 2019.

SOLADOYE, O. P.; SHAND, P.; DUGAN, M. E. R.; et al. **Influence of cooking methods and storage time on lipid and protein oxidation and heterocyclic aromatic amines production in bacon**. Food Research International, v. 99, p. 660–669, 2017.

SONCIN, S. ; CHIESA, LM; CANTONI, C. ; et al. . Estudo preliminar da fração volátil na carne crua de porco, pato e ganso. **Revista de Composição e Análise de Alimentos**, v. 20, n. 5, p. 436-439, 2007.

SOARES, Juliana Marques; DA SILVA, Patricia Franklin; PUTON, Bruna Maria Saorin; et al. **Antimicrobial and antioxidant activity of liquid smoke and its potential application to bacon**. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 38, p. 189–197, 2016.

SOUZA, Jean Carlos Portos Vilas Boas et al. **Sistema de Produção**. Embrapa. 2013.

SMET, Stefaan De; RAES, Katleen; DEMEYER, Daniel. **Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review**. Animal Research, v. 53, n. 2, p. 81–98, 2004.

SMIT, Bart A.; ENGELS, Wim J.M.; SMIT, Gerrit. **Branched chain aldehydes: production and breakdown pathways and relevance for flavour in foods**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 81, n. 6, p. 987–999, 2009.

SWANEPOEL, Monlee; LESLIE, Alison J.; HOFFMAN, Louwrens C. **The Influence of Season and Sex on the Carcass Yield of Common Warthog (Phacochoerus africanus)**. African Journal of Wildlife Research, v. 44, n. 2, p. 179–188, 2011.

SUNG, Wen-Chieh. **Volatile constituents detected in smoke condensates from the combination of the smoking ingredients sucrose, black tea leaves, and bread flour**. Journal of Food and Drug Analysis, v. 21, n. 3, p. 292–300, 2013.

TIKK, Kaja; LINDAHL, Gunilla; KARLSSON, Anders H.; et al. **The significance of diet, slaughter weight and aging time on pork colour and colour stability.** Meat Science, v. 79, n. 4, p. 806–816, 2008.

USDA. **Department of Agriculture.** United States USDA national nutrient database for standard reference. Release 28. Washington, DC, 2018.

VALENTE, Antonio Luiz Pires; AUGUSTO, Fabio. **Microextração por fase sólida.** Química Nova, v. 23, n. 4, p. 523–530, 2000.

WANG, H. & CHAMBERS IV, E. **Sensory Characteristics of Various Concentrations of Phenolic Compounds Potentially Associated with Smoked Aroma in Foods, Molecules,** vol. 23, ed. 4, pg. 780, 2018.

WOOD, J. D; RICHARDSON, R. I; NUTE, G. R; et al. **Effects of fatty acids on meat quality: a review.** Meat Science, v. 66, n. 1, p. 21–32, 2003.

WOOD J. D. **Production and processing practices to meet consumer needs.** E. Batterham (Ed.), Manipulating pig production IV, Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia, pp. 135-147, 1993.

WOODS, L. **Smoked foods/principles.** Encyclopedia of food sciences and nutrition (2nd ed.) p. 5296-5301, 2003.

WANG, Yuding; MA, Cai; SUN, Yi; et al. Dynamic transcriptome and DNA methylome analyses on longissimus dorsi to identify genes underlying intramuscular fat content in pigs. **BMC Genomics**, v. 18, n. 1, p. 780, 2017.

WON, Sohyoung; JUNG, Jaehoon; PARK, Eungwoo; et al. Identification of genes related to intramuscular fat content of pigs using genome-wide association study. Asian-Australasian **Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 157–162, 2018.

YU, Ai-Nong; SUN, Bao-Guo; TIAN, Da-Ting; et al. **Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon(CSCB) with different fiber coatings using SPME.** Food Chemistry, v. 110, n. 1, p. 233–238, 2008.

ZANUNCIO, A.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; et al. **Alelopatia de adubos verdes sobre *Cyperus rotundus*.** Revista de Ciências Agrárias. Lisboa. Vol.36, nº4, p441-446, 2013.

ZHENG, Min; HUANG, Yizhong; JI, Jiuxiu; et al. Effects of breeds, tissues and genders on purine contents in pork and the relationships between purine content and other meat quality traits. **Meat Science**, v. 143, p. 81–86, 2018.

2. PERFIS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE BACONS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Resumo

O *bacon* é um produto cárneo suíno curado e defumado. O objetivo dessa pesquisa foi analisar o perfil de compostos voláteis do *headspace* de seis amostras de *bacon* comerciais do Brasil, através da micro-extração em fase sólida de (SPME) - cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). Foram identificados 40 compostos voláteis, distribuídos nas seguintes classes químicas: 11 aldeídos, 6 cetonas, 2 álcoois, 2 furanos, 2 compostos nitrogenados, 6 hidrocarbonetos aromáticos e 11 fenóis. As porcentagens de área dos picos cromatográficos dos aldeídos dos *bacon* comerciais, que estavam armazenadas em balcão de supermercado, a 25 °C, foram maiores, em relação aos armazenados sob refrigeração (10 °C), provavelmente devido à aceleração das reações químicas e bioquímicas, com o aumento da temperatura de armazenamento. Os perfis voláteis dos produtos foram diferentes em todas as seis amostras. As informações obtidas podem ser usadas como uma plataforma de dados para as empresas e para pesquisas analisarem os perfis voláteis dos *bacon* comercializados no Brasil, como recurso para comparar com trabalhos futuros e para o desenvolvimento de *bacon* com variados perfis voláteis.

Palavras-chave: Defumado, aldeídos, SPME/GC-MS.

Abstract

Bacon is a cured and smoked pork meat product. The aim of this research was to analyze the profile of volatile compounds in the headspace of six commercial bacon samples from Brazil, through the solid phase micro-extraction of (SPME) - gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). 40 volatile compounds were identified, distributed in the following chemical classes: 11 aldehydes, 6 ketones, 2 alcohols, 2 furans, 2 nitrogen compounds, 6 aromatic hydrocarbons and 11 phenols. The percentages of area of the chromatographic peaks of commercial bacon aldehydes, which were stored in a supermarket counter, at 25 °C, were higher than those stored under refrigeration (10 °C), probably due to the acceleration of chemical and biochemical reactions, with increasing the storage temperature. The volatile profiles of the products were different in all six samples. The information obtained can be used as a data platform for companies and for research to analyze the volatile profiles of bacon marketed in Brazil, as a resource to compare with future work and for the development of bacon with various volatile profiles.

Keywords: Smoked, aldehydes, SPME/GC-MS.

Introdução

O *bacon* é um produto cárneo suíno consumido, mundialmente, pelas suas características sensoriais que são desenvolvidas durante o processo de cura e defumação. Durante a defumação do *bacon* ocorre a pirólise da madeira, cujas diferenças de composição química podem variar quanto aos compostos orgânicos gerados, como fenóis, ácidos orgânicos e aldeídos.

A técnica de microextração em fase sólida (SPME - Solid Phase Micro-Extraction), associada à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), tem sido empregada com sucesso para a análise qualitativa e quantitativa de compostos orgânicos voláteis (Jiang et al., 2017). A SPME oferece alto desempenho, sem grandes preparações de amostras em produtos à base de carne (Argyri et al., 2015).

Salienta-se que a escolha do revestimento da fibra é um dos fatores-chave, uma vez que o tipo e a quantidade de compostos extraídos da amostra dependem das características físico-químicas da fase estacionária da fibra, da espessura do filme (Yu et al., 2008), do tempo de exposição e da temperatura.

A seleção do revestimento de fibra é baseada no princípio do semelhante dissolve semelhante (Kataoka et al., 2000), ou seja, a fibra extrai compostos que tenham polaridade semelhante ao seu revestimento. A fibra de SPME reúne materiais de diferentes polaridades que são capazes de extrair compostos voláteis de diferentes classes químicas, um exemplo é a fibra CAR/PDMS (Carboxen/Polidimetilsiloxano), que é apropriada para extrair compostos polares e não polares (Balasubramanian & Panigrahi., 2011). A partir da extração dos compostos voláteis no *headspace* e após o seu equilíbrio, a fibra contendo os analitos adsorvidos tem a dessorção térmica no injetor do sistema cromatográfico (Machiels & Istasse, 2003; Yu et al., 2008).

Essa técnica foi utilizada para a identificação dos compostos voláteis presentes em carne suína (Penaranda & Garrido, 2017), produtos cárneos defumados e curados (Xie et al., 2016), e *bacon* (Yu et al., 2008; Li. et al 2018; Saldaña et al., 2019; Merkle et al., 2015; Balasubramanian & Panigrahi., (2011). As indústrias de alimentos utilizam no processamento do *bacon* agentes de defumação (madeira e fumaça líquida) diferentes, o que influencia na geração dos compostos voláteis.

O objetivo dessa pesquisa foi analisar o perfil de compostos voláteis de seis amostras de *bacon* comercializados no Brasil, por meio da análise de micro-extração em fase sólida de *headspace* (SPME) - cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massa (GC-MS). Os resultados obtidos poderão ser usados como recurso para comparar com trabalhos futuros e para o desenvolvimento de *bacon* defumados com variados perfis voláteis.

2.1. Material e métodos

2.1.1. Material

Uma amostra teste de *bacon* foi utilizada para a seleção da fibra de SPME (Tabela 2). A amostra estava armazenada a 10 °C, em câmara fria, e foi utilizado um termômetro digital tipo espeto, para mensurar a temperatura.

Foram analisadas seis amostras de *bacon* defumados, de cinco marcas comercializadas. Todos os produtos estavam embalados a vácuo e foram adquiridos no município de Piracicaba – São Paulo. Três amostras estavam refrigeradas em câmara a 10 °C e três amostras em temperatura ambiente a 25 °C, em balcões dos supermercados (Tabela 3). A temperatura foi mensurada com termômetro digital tipo espeto, não foram utilizadas amostras de *bacon* com temperatura diferente à 10 e 25 °C.

As amostras B2R e B2A são da mesma marca e do mesmo lote, com data de fabricação de três dias de diferença. Todas as amostras foram transportadas para o laboratório em bolsa térmica, com gelo, e armazenadas em uma câmara de congelamento, a -18°C até a análise. Essa temperatura mantém o alimento mais próximo do seu estado natural (Soncin *et al.*, 2007). Todas as análises foram realizadas em duplicata como indicado por Bueno *et al.*, (2019), Damerau *et al.*, (2020), Xiang *et al.*, (2019).

Tabela 3. Fibras utilizadas na seleção de SPME.

Fibras	Revestimento	Espessura
1	Carboxen/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS)	85 µm
2	Divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS)	50/30 µm
3	Polidimetilsiloxano (PDMS)	100 µm

Tabela 4. Temperatura das amostras de bacon na aquisição.

Temp. de armazenamento	Código*
10 °C	B1R
	B2R
	B3R
25 °C	B1A
	B2A
	B3A

*As identificações das amostras de *bacon* refrigeradas a 10°C em câmaras de refrigeração são: B1R, B2R e B3R. As amostras armazenadas em balcões de supermercados (25 °C) são as identificadas com os códigos B1A, B2A e B3A.

2.2. MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA – CROMATOGRAFIA GASOSA/ ESPECTROMETRIA DE MASSA (SPME-GC/MS)

2.2.1. Extração dos compostos voláteis por SPME

Antes da fibra de SPME ser inserida no vial, a amostra de *bacon* foi moída e após ser colocada no vial a amostra foi equilibrada por 15 minutos a 60 °C. O tempo de extração foi fixado em 30 minutos a 60 °C.

2.2.2. Análises de compostos voláteis por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

Os compostos voláteis foram identificados com o emprego da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). As fibras de SPME foram condicionadas no injetor do GC-MS, conforme recomendado pelo fabricante. As amostras do *bacon* em duplicata (5 gramas) foram acondicionadas dentro de vial de 40mL, de tampa rosca e septo de silicone/teflon (Uniglas).

Os compostos adsorvidos pela fibra foram dessorvidos no injetor do GC-MS (Shimadzu QP2010 Plus, Shimadzu, Japão) por 15 minutos a 260°C, em modo Split 1:30. Os compostos foram separados em uma coluna capilar RTx-5 (Restek, USA), com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e espessura de filme 0,25 µm. Foi utilizado gás hélio como gás de arraste, à velocidade linear de 36 cm/s.

A temperatura do forno do cromatógrafo foi mantida a 40 °C por 5 min e, a seguir, a temperatura aumentou de 40 a 240 °C a 5 °C/min e permaneceu a 240 °C por 15 min. O espectrômetro de massas foi operado no modo SCAN, e a ionização

por impacto de elétrons a 70 eV de energia. Os espectros foram obtidos entre m/z 40 a 400 u.m.a. Os compostos foram identificados por comparação com os espectros de massa das bibliotecas Wiley 8ª Ed. e FFNSC 1.3.

A confirmação foi realizada com as bases de dados NIST, Webbook e Flavornet. Foi calculado o Índice de Retenção Linear (IRL) de cada composto com os tempos de retenção da mistura de hidrocarbonetos C6–C30. Foi injetado o padrão do hexanal, pentanal, tolueno e pirazina, para confirmação. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional SISVAR 5.0 (Ferreira, 2010) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

2.3. Resultados e discussão

2.3.1. Seleção da fibra SPME

Na Tabela 5 podem ser observados os valores médios de área total para cada uma das fibras testadas. No presente estudo, a fibra CAR/PDMS foi a que apresentou a melhor capacidade de captura dos compostos voláteis da amostra teste de *bacon* e houve comparando com a fibra DVB/CAR/PDMS.

Este resultado está de acordo com outros trabalhos na literatura Merkle et al. (2015), Balasubramanian & Panigrahi, (2011) e Yu et al. (2008), os quais relatam o uso da fibra mista CAR/PDMS como uma das mais adequadas para o estudo de voláteis em produtos cárneos, como o *bacon* defumado.

Tabela 5. Perfil de componentes voláteis (UA x 10⁵/g) dos *bacon* comerciais usando a fibra DVB /CAR /PDMS 50/30 µm, Carboxen /PDMS 85 µm de revestimento.

IRL	Voláteis	Identificação	DVB/CAR/PDMS	PDMS/DVB
Aldeídos				
524	2-metil propanal	MS, IRL	0,37 ±0,01	2,71 ±0,67
642	3-metil butanal	MS, IRL	0,90 ^a ±0,00	3,82 ^b ±0,46
656	2-metil butanal	MS, IRL	1,87 ^a ±0,13	3,12 ^b ±0,03
694	Pentanal	MS, IRL	0,90 ±0,07	0,97 ±0,05
802	Hexanal	MS, IRL	11,51 ^a ±0,00	34,89 ^b ±1,89
835	Furfural	MS, IRL	2,08 ^a ±0,02	12,81 ^b ±1,69
906	Heptanal	MS, IRL	0,87 ±0,05	2,91 ±0,52
966	Benzaldeído	MS, IRL	1,28 ^a ±0,02	2,76 ^b ±0,03
969	5-metil furfural	MS, IRL	0,63 ^a ±0,01	1,74 ^b ±0,13
1009	Octanal	MS, IRL	0,34 ±0,04	0,44 ±0,02
1112	Nonanal	MS, IRL	1,79 ±0,01	2,52 ±1,91
Total			22,54	68,70
% área			25,40	45,79
Cetona				
579	2-butanona	MS, IK	2,14 ^a ±0,02	10,62 ^b ±0,88
912	2-metil-2-Ciclopenten-1-Ona	MS, IRL	1,19 ±0,02	3,12 ±2,38
971	3-metil-2-Ciclopenten-1-Ona	MS, IRL	ND ^a	1,41 ^b ±0,08
1052	2,3-dimetil-2-Ciclopente-1-Ona	MS, IRL	ND ^a	0,70 ^b ±0,01
1075	1-fenil-etanona	MS, IRL	0,43 ±0,08	0,41 ±0,00
Total			3,76	16,25
% área			4,23	10,83
Compostos Nitrogenados				
731	Pirazina	MS, IRL	0,39 ^a ±0,02	0,80 ^b ±0,05
827	Metil pirazina	MS, IRL	0,83 ±0,01	0,87 ±0,10
Total			1,21	1,67
% área			1,37	1,11
Hidrocarbonetos				
767	Tolueno	MS, IRL	0,47 ^a ±0,00	3,50 ^b ±0,10
792	1-octeno	MS, IRL	3,52 ^a ±0,51	10,29 ^b ±0,67
808	2-octeno	MS, IRL	1,02 ±0,09	1,03 ±0,05
873	Xileno	MS, IRL	ND ^a	0,79 ^b ±0,08
894	Estireno	MS, IRL	ND ^a	0,71 ^b ±0,07
865	Etil benzeno	MS, IRL	ND ^a	0,61 ^b ±0,00
Total			5,01	16,92
% Área			5,65	11,28
Furanos				
858	2-furilmetanol	MS, IRL	0,74 ^a ±0,07	3,96 ^b ±0,21
916	2-acetil Furano	MS, IRL	0,39 ^a ±0,05	1,99 ^b ±0,03
Total			1,13	5,94
% área			1,28	3,96
Fenóis				

987	Fenol	MS, IRL	3,33 ^b ±0,35	0,54 ^a ±0,12
1061	2-metil fenol	MS, IRL	1,97 ±0,18	2,05 ±0,09
1082	4-metil fenol	MS, IRL	4,13 ^b ±0,03	3,62 ^a ±0,04
1097	Guaiacol	MS, IRL	18,86 ±1,14	21,95 ±0,13
1156	3,4-dimetil-fenol	MS, IRL	0,84 ±0,10	0,60 ±0,00
1188	2-Metoxi-3-Metifenol	MS, IRL	0,29 ^b ±0,02	ND ^a
1290	4-etil Guaiacol	MS, IRL	1,19 ±0,15	0,59 ±0,01
1327	2-Metoxi-4-Vinilfenol	MS, IRL	0,83 ±0,02	0,49 ±0,07
1202	1-hidroxi-2-metoxi-4-metilbenze	MS, IRL	18,13 ^b ±1,03	2,55 ^a ±0,04
Total			49,55	32,38
% área			55,82	21,59
Álcool				
1041	Álcool benzílico	MS, IRL	5,22 ±0,22	6,86 ±0,77
Total			5,22	6,86
% área			5,88	4,57
Área Total			88,76^a ±2,15	150,02^b ±9,78

*Letras minúsculas são as médias da análise com a fibra CAR/PDMS e DVD/CAR/PDMS. Tukey a 5% de probabilidade.

¹MS: Espectro de massa da biblioteca Nist 05 e Wiley 8.Lib library.

²IRL: Índice de retenção linear calculado para a RTx-5 e de acordo com o IRL da biblioteca Nist e Flavornet library.

³ ND: Não detectado.

UA: unidade de área

g: grama.

Na Figura 5 podem ser encontrados os respectivos cromatogramas. É possível observar que as condições de extração que fornecem os maiores valores de concentração, 150,00 UA x 10⁵/g, foi com a fibra CAR/PDMS. Na amostra teste de *bacon* comercial, foram identificadas diversas classes químicas, como aldeídos, cetonas, compostos nitrogenados, hidrocarbonetos aromáticos, furanos, fenóis e álcool (Tabela 5). Essas classes mencionadas anteriormente, também foram encontradas por Saldaña et al., (2019) & Jin et al., (2015) em amostras de *bacon*.

Figura 5. Cromatograma do íon total dos voláteis do *bacon* comercial, extraídos por 30 minutos com a fibra (A) PDMS, (B) CAR/PDMS e (C) DVB/CAR/PDMS.

Nos cromatogramas obtidos a partir das análises com as fibras CAR/PDMS, DVB/CAR/PDMS e PDMS (Figura 5), pode-se observar a magnitude dos picos dos compostos voláteis. Com a fibra CAR/PDMS a área dos picos foi 59% maior que os picos da fibra DVB/CAR/PDMS. Concluindo-se que a fibra CAR/PDMS 85 μm foi a mais adequada para detecção de componentes voláteis em amostras de *bacon* comerciais, resultado também reportado por Wang et al. (2018) & Lim et al. (2018). Não foram identificados picos na extração com a fibra PDMS.

Após a seleção do revestimento da fibra de SPME, foram realizadas as análises de compostos voláteis das amostras de *bacon* comerciais, os quais são fabricados por diferentes processamentos, com espécies variadas de madeiras não resinosas na defumação, o que produz diferentes compostos voláteis.

2.3.2. Perfis de compostos voláteis em diferentes amostras de *bacon*

O perfil dos compostos voláteis das amostras de *bacon* comerciais por SPME é demonstrado na Tabela 6. O estudo identificou 40 compostos voláteis nas amostras de *bacon*, subdivididos em nove classes químicas diferentes: aldeídos, cetonas, compostos nitrogenados, hidrocarbonetos aromáticos, furanos, fenóis e álcoois. Esta quantidade de compostos identificados e classes está em concordância com o encontrado por Yu et al. (2008), em *bacon* tradicional produzido no sudoeste da China.

Na Tabela 6, é possível observar as porcentagens dos compostos voláteis das seis amostras, sendo que os cromatogramas estão no Anexo 1. Os perfis dos compostos foram diferentes para as amostras de *bacon* comerciais. Na amostra B2R os aldeídos (31,9 %) foram os predominantes, seguidos pelos fenóis (30,2 %). Esses foram resultados semelhantes ao de Li et al. (2018), enquanto na amostra B3A esse efeito foi o contrário (56,1% de fenóis e 14,3% de aldeídos).

Esses resultados estão de acordo com Xie et al. (2008), pois os autores ressaltaram que os compostos fenólicos dependem dos processos de defumação e são considerados a principal fonte de sabor e aromas nos produtos defumados (Wang et al., 2019).

Tabela 6. Perfis de compostos voláteis (UA x 10⁵/ g) de seis bacones comerciais.

IRL	Voláteis	B1R	B2R	B3R	B1A	B2A	B3A
Aldeídos							
524	2-metil propanal	ND	ND	ND	0,28 ^a ±0,00	ND	ND
642	3-metil butanal	0,92 ^a ±0,01	0,20 ±0,01	1,06 ^a ±0,11	1,5 ^{1b} ±0,02	ND	0,83 ^a ±0,03
656	2-metil butanal	0,26 ^{ab} ±0,02	0,47 ^b ±0,00	2,17 ^d ±0,05	13,85 ^e ±0,60	ND	1,33 ^c ±0,10
694	Pentanal	1,21 ^c ±0,01	ND	ND	0,57 ^b ±0,00	5,39 ^d ±0,00	ND
802	Hexanal	17,39 ±0,74	14,44 ±0,04	14,46 ±0,61	5,88 ±0,21	61,42 ^b ±5,33	7,33 ±1,20
835	Furfural	1,99 ^b ±0,00	2,65 ^{bc} ±0,32	3,49 ^d ±0,02	26,90 ^e ±0,09	ND	6,92 ±0,54
906	Heptanal	0,21 ^b ±0,01	ND	0,34 ^{bc} ±0,00	0,42 ^c ±0,00	1,13 ^d ±0,07	0,42 ^c ±0,01
966	Benzaldeído	0,65 ^{ab} ±0,05	1,24 ^b ±0,11	5,96 ^d ±0,00	ND	ND	2,62 ^c ±0,31
969	5-metil furfural	ND	ND	4,98 ^d ±0,07	2,40 ^c ±0,03	ND	0,81 ^b ±0,06
1009	Octanal	0,10 ^{ab} ±0,01	ND	0,29 ^{bc} ±0,02	0,46 ^c ±0,00	0,75 ^d ±0,07	1,80 ^e ±0,03
1112	Nonanal	0,32 ±0,01	0,35 ±0,01	1,14 ^b ±0,07	0,36 ±0,00	2,14 ^d ±0,03	3,42 ^d ±0,05
Total		23,05	19,36	33,89	52,63	70,83	25,46
% área		46,21	31,94	32,06	55,43	71,33	15,25
Cetonas							
579	2-butanona	ND	ND	ND	ND	ND	3,68 ^a ±0,32
664	1-hidroxi-2-propanona	ND	ND	ND	ND	ND	ND
912	2-metil-2-Ciclopenten-1-ona	0,48 ±0,03	2,02 ^c ±0,09	0,99 ^b ±0,01	2,06 ^c ±0,09	1,19 ^b ±0,11	5,97 ^d ±0,47
971	3-metil-2-Ciclopenten-1-ona	ND	1,45 ^c ±0,07	0,75 ^b ±0,02	5,08 ^d ±0,38	ND	ND
1052	2,3-dimeil-2-Ciclopent-1-ona	ND	0,46 ±0,03	ND	0,95 ^b ±0,00	0,93 ^b ±0,06	1,82 ^c ±0,19
1075	1-fenil etanona	ND	ND	0,21 ±0,00	0,30 ±0,00	ND	1,66 ^b ±0,21
Total		0,48	3,93	1,95	8,40	2,12	13,13
% área		0,97	6,49	1,85	8,84	2,14	7,86
Compostos Nitrogenados							
731	Pirazina	0,18 ±0,01	1,22 ^d ±0,03	0,15 ±0,00	0,57 ^b ±0,00	0,18 ±0,01	0,79 ^c ±0,05
827	Metil pirazina	ND	0,43 ^c ±0,03	ND	0,72 ^d ±0,00	0,25 ^b ±0,02	0,39 ^b ±0,02

Total	0,18	1,65	0,15	1,29	0,43	1,18
% área	0,36	2,72	0,14	1,36	0,43	0,71
Hidrocarbonetos						
767 Tolueno	0,34 ^a ±0,05	1,33 ^{cd} ±0,12	0,83 ^{ab} ±0,00	1,00 ^{bc} ±0,03	1,83 ^e ±0,15	1,64 ^{de} ±0,14
792 1-octeno	1,67 ^b ±0,06	0,34 ±0,04	5,03 ^c ±0,48	0,31 ±0,00	1,01 ^{ab} ±0,11	1,06 ^{ab} ±0,02
808 2-octeno	1,20 ^b ±0,01	3,70 ^d ±0,23	2,60 ^c ±0,37	ND ±0,00	1,52 ^b ±0,10	0,10 ±0,01
873 Xileno	ND	1,26 ^{bc} ±0,0	21,05 ^b ±0,46	0,59 ^{ab} ±0,01	1,21 ^{bc} ±0,08	1,78 ^c ±0,11
894 Estireno	ND	0,48 ^b ±0,07	0,77 ^c ±0,01	0,15 ±0,00	ND	0,65 ^{bc} ±0,01
865 Etil-benzeno	ND	ND	16,62 ^b ±0,07	ND	ND	ND
Total	3,20	7,10	46,88	2,14	5,57	5,23
% área	6,43	11,72	44,36	2,25	5,61	3,13
Furanos						
858 2-furilmetanol	1,18 ±0,02	9,09 ^c ±0,09	3,03 ^b ±0,24	8,86 ^c ±0,00	0,68 ±0,05	18,13 ^d ±0,47
916 2-acetil Furano	0,28 ±0,05	ND	1,07 ^b ±0,08	3,52 ^c ±0,00	ND	8,16 ^d ±0,21
Total	1,46	9,09	4,10	12,37	0,68	26,29
% área	2,93	14,99	3,88	13,03	0,69	15,74
Fenóis						
987 Fenol	2,02 ±0,02	4,28 ±0,21	4,49 ±0,02	6,60 ±0,22	2,03 ±0,05	29,09 ^b ±2,52
1061 2-metil fenol	ND	1,39 ^b ±0,13	0,90 ^{ab} ±0,07	1,14 ^{ab} ±0,16	0,47 ^{ab} ±0,00	10,79 ^c ±0,49
1082 4-metil fenol	1,10 ^b ±0,06	1,88 ^c ±0,14	1,14 ^b ±0,05	0,00 ±0,00	1,11 ^b ±0,14	20,38 ^d ±0,12
1097 Guaiacol	9,69 ^b ±0,11	7,10 ^{ab} ±0,67	5,71 ±0,01	6,99 ^{ab} ±0,30	9,17 ^{ab} ±0,17	18,30 ^c ±1,34
1156 3,4-dimetil-fenol	ND	ND	ND	ND	ND	3,02 ^b ±0,47
1174 4-etil-fenol	ND	ND	ND	ND	ND	0,43 ^b ±0,01
1177 3-etil-fenol	ND	ND	ND	ND	ND	1,98 ^b ±0,16
1188 2-metoxi-3-metifenol	ND	0,23 ^b ±0,01	ND	ND	ND	0,51 ^c ±0,04
1290 4-etil-guaiacol	ND	ND	ND	ND	ND	1,58 ^b ±0,08
1327 2-Metoxi-4-Vinifenol	ND	ND	0,31 ^c ±0,01	0,15 ^b ±0,01	ND	ND
1202 2-Metoxi-p-cresol	7,59 ^c ±0,14	3,45 ^{ab} ±0,46	2,89 ^{ab} ±0,18	1,77 ±0,00	5,25 ^{bc} ±0,23	7,64 ^c ±0,91
Total	20,40	18,33	15,44	16,64	18,03	93,73

% área		40,91	30,23	14,61	17,53	18,16	56,12
Álcool							
1036	1-hexanol, 2-etil	0,16 ±0,00	0,21 ±0,00	1,62 ^c ±0,09	ND	ND	0,73 ^b ±0,06
1041	Álcool benzílico	0,93 ±0,03	0,96 ±0,01	1,66 ^b ±0,14	1,47 ^{ab} ±0,00	1,63 ^b ±0,21	1,25 ^{ab} ±0,06
Total		1,09	1,16	3,28	1,47	1,63	1,98
% área		2,19	1,92	3,10	1,55	1,64	1,19
Área Total		49,87 ±0,86	60,62 ±1,55	105,69^b ±1,18	94,94^b ±0,10	99,30^b ±4,91	167,01^c ±8,59

*Letras minúsculas são as médias da análise com amostras de *bacon* comerciais. Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Tukey a 5% de probabilidade

¹MS: Espectro de massas da biblioteca Nist 05 e Wiley 8.Lib library.

²IRL: Índice de retenção linear calculado para a coluna RTx-5 e IRL de acordo com a biblioteca Nist e Flavornet library.

³ ND: Não detectado.

g: grama

UA: unidade de área

De fato, observa-se nos resultados (Tabela 6), que as áreas dos aldeídos aumentaram com a temperatura de armazenamento. Ao comparamos as áreas dos aldeídos das amostras de *bacon* comerciais B2R e B2A (que são da mesma marca e lote). Observa-se que as áreas dos compostos hexanal, pentanal, heptanal, octanal e nonanal da amostra armazenada temperatura ambiente sobre balcão do supermercado (25 °C) aumentaram significativamente até 400 % em relação à amostra armazenada sob refrigeração (10 °C) ($p < 0,05$).

O aumento da área dos aldeídos está provavelmente relacionado com a aceleração das reações, à temperatura (25 °C) do ambiente em que a amostra se encontrava. A temperatura ambiente elevada aumentou a formação dos compostos indicadores de oxidação lipídica, entretanto, não foi realizada análise de oxidação lipídica nesse trabalho.

Esses resultados também foram similares aos encontrados por Leroy et al. (2009), que investigaram os comportamentos dos compostos em amostras de presunto com diferentes temperaturas. Segundo Ames et al. (2001); Meinert et al. (2007) e Kosowska et al. (2017) a temperatura acelera as reações químicas e bioquímicas do *bacon*.

Foram identificados 11 aldeídos nas amostras de *bacon* comerciais, sendo que as médias das áreas foram completamente diferentes entre as amostras analisadas, e houve diferença significativa para as amostras B3R (10 °C) e B1A, B2A, B3A (25 °C). A maior concentração foi encontrada para a amostra B2A ($70,83 \text{ UA} \times 10^5/\text{g}$) e a menor para a amostra B2R ($19,36 \text{ UA} \times 10^5/\text{g}$) (Tabela 6).

Nas amostras de *bacon*, o principal composto volátil identificado foi o hexanal com variação de 4,33% a 61,88 % dos compostos voláteis totais, essa variação é devido aos *bacon* serem de marcas diferentes, em que fatores como a origem da carne e o processamento influenciam no desenvolvimento do aroma. Outros aldeídos também foram detectados nas amostras coletadas como o 2- metil-propanal, 3-metil-butanal, 2-metil-butanal, pentanal, furfural, heptanal, octanal, nonanal, 5-metil-furfural e o benzaldeído.

Os aldeídos lineares, como hexanal e pentanal, são derivados da oxidação lipídica de ácidos graxos, linoléicos, linolênicos e araquidônicos (Domínguez et al. (2019); Maggiolino et al. (2019); Sung et al. (2013), enquanto heptanal, octanal, nonanal vêm da autooxidação do ácido oléico (Li et al. (2018); Domínguez et al.

(2014). O 3-metil-butanal e 2-metil-butanal são voláteis derivados da leucina e isoleucina (Kosowska et al. 2017).

É relatado que os compostos mencionados acima conferem sabores de malte (Feng et al. 2017) e caramelo (Machiels et al. 2003) à carne. Enquanto outros aldeídos, como o hexanal, octanal e nonanal, têm aroma gorduroso, o furfural e o pentanal apresenta aroma de amêndoas (Huang et al. 2019; Maggiolino et al. 2018). Um total de cinco cetonas foi identificado nas amostras de *bacon* (Tabela 6). Foram identificadas as cetonas 2-metil-2-ciclopenten-1-ona-, seguida da 3-metil-2-ciclopenten-1-ona. A 2-metil-2-ciclopentena-1-ona é formada durante o processo de defumação do *bacon*.

Também foram identificadas a 2-butanona, derivada da oxidação de ácidos graxos poli-insaturados e da degradação de aminoácidos pela via de Strecker (Gong et al. 2017; Schuster. et al 2018), a 2,3-dimetil-ciclopenten-1-ona a 1-fenil-cetanona. A 2,3-dimetil-ciclopenten-1-ona foi encontrada por outros autores (Maga, 1987; Sung et al. 2013), e são voláteis típicos em produtos de *bacon* defumados com madeiras.

Foram identificados 11 fenóis (Tabela 6), e as quantidades foram completamente diferentes entre as amostras. A amostra B3A apresentou a maior média das áreas dos compostos fenólicos ($93,7 \text{ UA} \times 10^5/\text{g}$), enquanto a amostra B3R apresentou a menor ($15,4 \text{ UA} \times 10^5/\text{g}$) área. Deve-se notar que, na amostra B3A foram identificados dez compostos voláteis, sendo o fenol, formado pela pirólise térmica da lignina (Hung et al., 2019), o composto fenólico mais abundante. Resultados semelhantes foram encontrados também em amostras de *bacon* por Wu et al. (2019). Também foi identificado guaiacol e 4-metil-fenol (Tabela 6). Os fenóis típicos da fumaça de madeira impactam positivamente o sabor do *bacon* defumado.

O fenol também foi identificado por outros autores que analisaram a qualidade de bifes de carne (Tian et al. 2015) e *bacon* (Li et al., 2018 & Wu et al., 2019). Os fenóis desempenham um papel importante no aroma nos produtos defumados, devido aos baixos valores de limiar do aroma. O 4-metil-fenol, 2-metil-fenol e o guaiacol conferem um aroma defumado aos produtos de *bacon* comerciais (Wang & Chambers, 2018; Lentz et al., 2018).

Foram detectados seis hidrocarbonetos, os quais representam umas das maiores classes dos compostos voláteis no aroma do *bacon*, derivados principalmente, da degradação de lipídios por homólise térmica ou da autooxidação

de ácidos graxos de cadeia longa (Maggiolino et al., 2019) e não contribuem muito para o sabor do *bacon* (Gong et al., 2017). O xileno apresentou a maior área entre os hidrocarbonetos aromáticos, na amostra de *bacon* B3R (21,0 UA x 10⁵/ g), resultados semelhantes foi relatados por Wu et al., (2019) e Saldaña et al., (2019) em amostras de *bacon*.

O xileno pode derivar do benzeno (Góñez et al., 2018), e ter advindo na alimentação e é armazenado nos depósitos de gordura do animal (Meynier et al., 1999 & Wu et al., 2015). O etil benzeno foi o segundo com maior área (amostra B3R, 16,6 UA x 10⁵/ g) entre os hidrocarbonetos (Tabela 6), fornece um aroma de amanteigado (Maggiolino et al., 2019), diferente do xileno que tende a fornecer um aroma de gerânio (Huag et al. 2019; Gong et al. 2017).

Observaram-se dois álcoois nas amostras, 2-etil-1-hexanol e o álcool benzílico, os quais podem contribuir, em parte, para o sabor do *bacon*. Segundo Tao et al., (2014), os álcoois encontrados podem ser derivados da oxidação lipídica. O 2-etil-1-hexanol também foi detectado em *bacon* e lombo frito (Timón et al. 2004).

Neste estudo, foram encontrados dois furanos, o álcool furfurílico e o 2-acetilfurano. A porcentagem da área dos furanos variou entre 15,7 % para a amostra B3A, e 0,7 % para a amostra B2A. Segundo Domínguez et al. (2019), os furanos são compostos originados na defumação, e por isso provavelmente influenciam no aroma dos *bacon* comerciais. O álcool furfurílico é um importante intermediário na reação de Maillard, é produzido pela degradação térmica da desoxirribose, a partir do DNA da carne (Watanabe, et al. 2015).

Foram encontrados dois compostos nitrogenados, sendo a pirazina identificada em todas as amostras, enquanto a 2-metil-pirazina não foi encontrada nas amostras B1R e B3R. A pirazina é formada pela reação entre açúcares e aminoácidos, por meio da degradação de Strecker, resultado também argumentado por Watanabe et al., (2015) e Sung, (2013). Além disso, as pirazinas e furanos são responsáveis por adicionar aos alimentos aromas de carne (Timón et al. 2004).

CONCLUSÃO

Foram identificados, nesse estudo, os perfis dos compostos voláteis de seis amostras de *bacon* comercializados no Brasil. Os perfis foram diferentes em todas as amostras, provavelmente resultado do processamento e o tipo de agentes

utilizados (madeira ou fumaça líquida) na defumação. Um total de quarenta compostos foram identificados.

Foram identificados compostos voláteis pertencentes as seguintes classes químicas como cetonas, alcoóis, fenois, hidrocarbonetos aromáticos, aldeídos, furanos e compostos nitrogenados, compostos com concentrações diferentes que contribuem para os aromas dos *bacon* comercializados.

A maioria dos compostos voláteis dos *bacon* comercializados são derivados da oxidação lipídica e da defumação. Os resultados demonstraram diferença nas concentrações dos aldeídos das amostras de *bacon* armazenadas em temperatura ambiente no balcão do supermercado a 25 °C, em relação às amostras de *bacon* comercializados armazenados a 10° C. Essa expressiva diferença nos resultados, podem ser atribuídas á aceleração das reações químicas e bioquímicas, com o aumento da temperatura de armazenamento.

As informações dos perfis de compostos voláteis aqui produzidas podem ser usadas como base de dados para empresas e pesquisas analisarem os compostos voláteis dos produtos *bacon* comercializados no Brasil, pois os voláteis influenciam na qualidade sensorial dos produtos cárneos.

REFERÊNCIAS

AMES, Jennifer M.; GUY, Robin C. E.; KIPPING, Gary J. **Effect of pH and Temperature on the Formation of Volatile Compounds in Cysteine/Reducing Sugar/Starch Mixtures during Extrusion Cooking.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 49, n. 4, p. 1885–1894, 2001.

ARGYRI, Anthoula A.; MALLOUCHOS, Athanasios; PANAGOU, Efstathios Z.; et al. **The dynamics of the HS/SPME-GC/MS as a tool to assess the spoilage of minced beef stored under different packaging and temperature conditions.** International Journal of Food Microbiology, v. 193, p. 51–58, 2015.

BALASUBRAMANIAN, Sundar; PANIGRAHI, Suranjan. **Solid-Phase Microextraction (SPME) Techniques for Quality Characterization of Food Products: A Review.** Food and Bioprocess Technology, v. 4, n. 1, p. 1–26, 2011.

BUENO, Mónica; RESCONI, Virginia C.; CAMPO, M. Mar; et al. Development of a robust HS-SPME-GC-MS method for the analysis of solid food samples. Analysis of volatile compounds in fresh raw beef of differing lipid oxidation degrees. **Food Chemistry**, v. 281, p. 49–56, 2019.

DAMERAU, Annelie; AHONEN, Eija; KORTESNIEMI, Maaria; et al. Evaluation of the composition and oxidative status of omega-3 fatty acid supplements on the Finnish market using NMR and SPME-GC–MS in comparison with conventional methods. **Food Chemistry**, v. 330, p. 127194, 2020.

DOMÍNGUEZ, Rubén et al. **Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat**, *Meat Science*, v. 97, n. 2, p. 223–230, 2014.

DOMÍNGUEZ, Rubén; PURRIÑOS, Laura; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, Cristina; et al. **Characterization of Volatile Compounds of Dry-Cured Meat Products Using HS-SPME-GC/MS Technique**. *Food Analytical Methods*, v. 12, n. 6, p. 1263–1284, 2019.

FENG, Yunzi; SU, Guowan; SUN-WATERHOUSE, Dongxiao; et al. **Optimization of Headspace Solid-Phase Micro-extraction (HS-SPME) for Analyzing Soy Sauce Aroma Compounds via Coupling with Direct GC-Olfactometry (D-GC-O) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)**. *Food Analytical Methods*, v. 10, n. 3, p. 713–726, 2017.

FERREIRA, DF. Sisvar versão 5.3 (Biud 75). **Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos**. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2010.

GONG, Hui; YANG, Zhen; LIU, Meng; et al. **Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC–MS detection**. *Food Science and Human Wellness*, v. 6, n. 3, p. 137–146, 2017.

HUANG, Yuxiang; ZHANG, Yamei; QI, Yue; et al. **Identification of odorous constituents of bamboo during thermal treatment**. *Construction and Building Materials*, v. 203, p. 104–110, 2019.

JIN, Guofeng; HE, Lichao; LI, Chengliang; et al. **Effect of pulsed pressure-assisted brining on lipid oxidation and volatiles development in pork bacon during salting and drying-ripening**. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, p. 1099–1106, 2015.

JIANG, Yong; ZHAO, Li; YUAN, Meilan; et al. **Identification and changes of different volatile compounds in meat of crucian carp under short-term starvation by GC-MS coupled with HS-SPME**. *Journal of Food Biochemistry*, v. 41, n. 3, p. e12375, 2017.

KATAOKA, H.; LORD, H. L.; PAWLISZYN, J. **Applications of solid-phase microextraction in food analysis**. *Journal of Chromatography. A*, v. 880, n. 1–2, p. 35–62, 2000.

KOSOWSKA, Monika; A. MAJCHER, Małgorzata; FORTUNA, Teresa; et al. **Volatile compounds in meat and meat products**. *Food Science and Technology*, v. 37, n. 1, p. 1–7, 2017.

Luz, R. L. F. (2013). **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em queijos defumados e em queijos assados em churrasqueiras**. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1675/2/DISSERTACAO_Hidrocarbonetos%20polic%3%adclicos%20arom%c3%a1ticos....pdf>. Acesso em: 22 nov 2019.

LEROY, Frédéric; VASILOPOULOS, Charalampos; VAN HEMELRYCK, Steven; et al. **Volatile analysis of spoiled, artisan-type, modified-atmosphere-packaged cooked ham stored under different temperatures**. Food Microbiology, v. 26, n. 1, p. 94–102, 2009.

LENTZ, Michael. **The Impact of Simple Phenolic Compounds on Beer Aroma and Flavor**. Fermentation, v. 4, n. 1, p. 20, 2018.

LI, Xinfu; ZHU, Jiancai; LI, Cong; et al. **Evolution of Volatile Compounds and Spoilage Bacteria in Smoked Bacon during Refrigeration Using an E-Nose and GC-MS Combined with Partial Least Squares Regression**. Molecules, v. 23, n. 12, 2018.

LIM, Dong Kyu; MO, Changyeun; LEE, Dong-Kyu; et al. **Non-destructive profiling of volatile organic compounds using HS-SPME/GC-MS and its application for the geographical discrimination of white rice**. Journal of Food and Drug Analysis, v. 26, n. 1, p. 260–267, 2018.

MACHIELS, David; VAN RUTH, Saskia M.; POSTHUMUS, Maarten A.; et al. **Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats**. Talanta, v. 60, n. 4, p. 755–764, 2003.

MAGA, Joseph A. **The flavor chemistry of wood smoke**. Food Reviews International, v. 3, n. 1–2, p. 139–183, 1987.

MEYNIER, A; NOVELLI, E; CHIZZOLINI, R; et al. **Compostos voláteis de salame comercial Milano**. Meat Science, v. 51, n. 2, p. 175-183, 1999.

MAGGIOLINO, Aristide; LORENZO, Josè M.; MARINO, Rosaria; et al. **Foal meat volatile compounds: effect of vacuum ageing on semimembranosus muscle**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 99, n. 4, p. 1660–1667, 2019.

MEINERT, Lene; ANDERSEN, L. T. BREDIE, Wender, L. P.; et al. **Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature**. Meat Science, v.75, n.2, p.229-242, 2007.

MERKLE, Sybille; KLEEBERG, Kim Karen; FRITSCHKE, Jan. **Recent Developments and Applications of Solid Phase Microextraction (SPME) in Food and Environmental Analysis—A Review**. Chromatography, v. 2, n. 3, p. 293–381, 2015.

SUNG, Wen-Chieh. **Volatile constituents detected in smoke condensates from the combination of the smoking ingredients sucrose, black tea leaves, and bread flour.** *Journal of Food and Drug Analysis*, v. 21, n. 3, p. 292–300, 2013.

SCHUSTER, Lena et al, **Development of a novel sample reuse approach to measure the impact of lean meat, bone and adipose tissue on the development of volatiles in vacuum-packed chilled lamb stored at 2 °C for 15 days,** *Meat Science*, v. 145, p. 31–39, 2018.

SONCIN, S.; CHIESA, L. M.; CANTONI, C.; et al. **Preliminary study of the volatile fraction in the raw meat of pork, duck and goose.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 20, n. 5, p. 436–439, 2007.

SALDAÑA, Erick; SALDARRIAGA, Luiz; CABRERA, Jorge; et al. **Relationship between volatile compounds and consumer-based sensory characteristics of bacon smoked with different Brazilian woods.** *Food Research International*, v. 119, p. 839–849, 2019.

TAO, Ning-Ping; WU, Rong; ZHOU, Pei-Gen; et al. **Characterization of odor-active compounds in cooked meat of farmed obscure puffer (*Takifugu obscurus*) using gas chromatography–mass spectrometry–olfactometry.** *Journal of Food and Drug Analysis*, v. 22, n. 4, p. 431–438, 2014

TIAN, Huaixiang; LI, Fenghua; QIN, Lan; et al. **Quality Evaluation of Beef Seasonings Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Electronic Nose: Correlation with Sensory Attributes and Classification According to Grade Level.** *Food Analytical Methods*, v. 8, n. 6, p. 1522–1534, 2015.

TIMÓN, María L.; CARRAPISO, Ana I.; JURADO, Ángela; et al. **A study of the aroma of fried bacon and fried pork loin.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 84, n. 8, p. 825–831, 2004.

WANG, Hongwei; CHAMBERS, Edgar. **Sensory Characteristics of Various Concentrations of Phenolic Compounds Potentially Associated with Smoked Aroma in Foods.** *Molecules (Basel, Switzerland)*, v. 23, n. 4, 2018.

WANG, Xiaodan; ZHU, Lingtao; HAN, Yunxiu; et al. **Analysis of volatile compounds between raw and cooked beef by HS-SPME–GC–MS.** *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 42, n. 2, p. 55, 2019.

WATANABE, A.; KAMADA, G.; IMANARI, M.; et al. **Effect of aging on volatile compounds in cooked beef.** *Meat Science*, v. 107, p. 12–19, 2015.

YU, Ai-Nong; SUN, Bao-Guo; TIAN, Da-Ting; et al. **Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon (CSCB) with different fiber coatings using SPME.** *Food Chemistry*, v. 110, n. 1, p. 233–238, 2008.

XIE, Yuejie; HE, Zhifei; LV, Jingzhi; et al. **Identification the Key Odorants in Different Parts of Hyla Rabbit Meat via Solid Phase Microextraction Using Gas Chromatography Mass Spectrometry.** *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, v. 36, n. 6, p. 719–728, 2016.

WU, Haizhou; ZHUANG, Hong; ZHANG, Yingyang; et al. **Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing.** *Food Chemistry*, v. 172, p. 391–399, 2015.

WU, Jieyu; GUAN, Rongfa; HUANG, Haizhi; et al. **Effect of catechin liposomes on the nitrosamines and quality of traditional Chinese bacon.** *Food & Function*, v. 10, n. 2, p. 625–634, 2019.

Anexo 1. Cromatogramas do íon total de voláteis das amostras de *bacon* comercializados.

Perfil de compostos voláteis, as amostras de *bacon* refrigerados a 10°C em expositor de supermercado na área do açougue são as: B1R, B2R e B3R. As amostras armazenadas em temperatura ambiente em balcões de supermercados (25 °C) são as identificadas com os códigos B1A, B2A e B3A.

3. PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM BACON DEFUMADO COM MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO *EUCALYPTUS CITRIODORA* E *ACÁCIA MEARNSII*

Resumo

O *bacon* é um produto cárneo suíno consumido em várias partes do mundo, por suas características sensoriais que são desenvolvidas durante o processo de cura e defumação. Durante a defumação ocorre a pirólise da madeira, cujas diferenças de composição química podem variar quanto aos compostos produzidos, como fenóis, ácidos orgânicos e aldeídos. Esses compostos contribuem positivamente para a qualidade do *bacon*, conferindo-lhe sabor, cor e aroma desejáveis. A interação das substâncias da fumaça com as da carne pode resultar na formação de substâncias, as quais podem ser diferenciadas pelo consumidor, por meio da liberação dos compostos voláteis. No presente estudo foram utilizadas duas espécies de madeira de reflorestamento (*Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*), com o objetivo de identificar os compostos voláteis nas amostras defumadas de *bacon*. Para tanto, foi utilizada a microextração em fase sólida (SPME) associada à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) para identificar e quantificar os compostos voláteis. Identificamos nas amostras de *bacon* defumados (comercial, *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*) trinta e três compostos voláteis, de sete classes químicas, sendo elas: cetonas, aldeídos, hidrocarbonetos aromáticos, álcoois, fenóis, furanos e compostos nitrogenados. Ao comparar os perfis dos compostos voláteis dos *bacon* defumados com *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*, a madeira da espécie *Acácia mearnsii* teve prevalência de aldeídos, compostos que contribuem para o aroma gorduroso do *bacon*. A espécie *Eucalyptus citriodora* apresentou maior área de fenóis, compostos que contribuem para o sabor típico do *bacon* defumado, além disso o eucalipto é de baixo custo e pode ser encontrado em grande parte do território brasileiro.

Palavras-chave: Fenóis; aroma; hexanal.

Abstract

Bacon is a pork meat product consumed in various parts of the world, due to its sensory characteristics that are developed during the curing and smoking process. During smoking, pyrolysis of wood occurs, the differences in chemical composition of which may vary in terms of the compounds produced, such as phenols, organic acids and aldehydes. These compounds contribute positively to the quality of the bacon, giving it a desirable flavor, color and aroma. The interaction of smoke and meat substances can result in the formation of substances, which can be differentiated by the consumer, through the release of volatile compounds. In the present study, two species of reforestation wood (*Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii*) were used, in order to identify volatile compounds in smoked bacon samples. For this purpose, solid phase microextraction (SPME) associated with gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) was used to identify and quantify the volatile compounds. In the samples of smoked bacon (commercial, *Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii*), we identified thirty-three volatile compounds, of seven chemical classes, namely: ketones, aldehydes, aromatic hydrocarbons, alcohols, phenols,

furans and nitrogen compounds. When comparing the profiles of the volatile compounds of bacon smoked with *Eucalyptus citriodora* and *Acácia mearnsii*, the wood of the species *Acácia mearnsii* had a prevalence of aldehydes, compounds that contribute to the fatty aroma of bacon. The species *Eucalyptus citriodora* presented a larger area of phenols, compounds that contribute to the typical flavor of smoked bacon, in addition, eucalyptus is of low cost and can be found in a large part of the Brazilian territory.

Keywords: Phenols; aroma; hexanal

Introdução

Do total da produção nacional de carne suína, 84% são destinados ao processamento, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2019). Entre os produtos suínos industrializados, o *bacon* é o mais consumido em muitos países.

Entende-se por "bacon" e por "barriga defumada", o corte da parede torácico-abdominal (toucinho) do suíno, que abrange a área externa ao púbis, com ou sem costelas, músculos, tecido adiposo e pele, convenientemente curado e defumado (Brasil, 2010 & Li et al., 2018).

É possível produzir *bacon* de outros cortes como costela, lombo e paleta, no entanto, deve apresentar a expressão "especial" ou "extra", no rótulo (Brasil, 2010). É estabelecido como ingredientes obrigatórios para a cura do *bacon*: a barriga suína, sal, nitrito e/ou o nitrato de sódio e/ou potássio.

O *bacon* é resultado de uma técnica para conservar a carne por meio de cura e defumação. A defumação é um processo complexo que consiste em duas fases: dispersa e particulada (Huang et al., 2019b). Os constituintes da fumaça fazem parte da fase dispersa, que proporcionam ao *bacon* características como cor, sabor e propriedades conservantes.

Durante o processamento térmico do *bacon*, ocorre a reação de Maillard, que confere e influencia os atributos sensoriais fundamentais para a aceitação de alimentos termicamente processados, devido à geração de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor, bem como, cor e textura. A reação de Maillard é uma reação de escurecimento não enzimático, etapa em que são formados os compostos voláteis. Um açúcar redutor reage com o grupo amina, de um aminoácido, formando a base de Schiff e é submetida a uma reação chamada de rearranjo de Amadori (Soladoye et al., 2017).

O produto do rearranjo de Amadori dá origem a uma série de reações, resultando em compostos dicarbonílicos, derivados de furfural e os produtos da degradação de Strecker. A degradação de Strecker é uma reação importante de produtos de degradação de açúcares com aminoácidos (Soladoye et al., 2017). No processamento do *bacon* ocorrem reações que formam compostos voláteis, como cetonas e aldeídos que conferem aroma ao *bacon*.

Vários estudos (Huang et al., 2018 & Sung et al., 2013) foram conduzidos para identificar os componentes da fumaça produzida pela madeira, durante o processo de defumação. Com o advento de técnicas analíticas avançadas, foi possível realizar a identificação dos compostos voláteis do *bacon* (Saldaña et al., 2019).

Os compostos voláteis que são formados na pirólise da madeira não resinosa podem ser identificados por microextração em fase sólida (SPME) associada à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS). A SPME tem sido empregada com sucesso para a análise qualitativa e quantitativa de compostos voláteis (Jiang et al., 2017).

A SPME oferece um alto desempenho, caracteriza-se por ser uma técnica econômica, sensível, com ampla seletividade e não necessita do uso de solventes, sendo assim, tem sido amplamente utilizada para a análise de *bacon* (Argyri et al., 2015; Li et al., 2019; Hong et al., 2019; Gong et al., 2017).

A partir da extração dos compostos voláteis no *headspace* e após o seu equilíbrio, a fibra contendo os analitos adsorvidos tem a dessorção térmica no sistema cromatográfico (Machiels & Istasse, 2003; Yu et al., 2008). A técnica de SPME foi utilizada para a identificação dos compostos voláteis de carnes suínas (Penaranda & Garrido, 2017) e do produto *bacon* (Meinert et al., 2007; Kosowska et al., 2017 & Saldaña et al., 2019; Li et al., 2018).

Durante o processo de defumação ocorre a pirólise da madeira dura, seca e não resinosa (Brasil, 2012) e há liberação de compostos voláteis tais como: fenóis, carbonilas, ácidos orgânicos e aldeídos (Huang et al., 2015). Estes compostos interagem com o produto cárneo, contribuindo assim, positivamente, para as características sensoriais do *bacon*.

As reações químicas durante a defumação são complexas, ocorrendo a liberação de compostos orgânicos voláteis, os quais são formados na pirólise da madeira (Figueroa & Moraes, 2009). A hemicelulose é o primeiro carboidrato da

madeira a sofrer degradação térmica, produzindo, neste processo, compostos carbonílicos e furanos (Figuerola & Moraes, 2009; Montazeri et al., 2013).

A decomposição térmica da celulose acontece mais rapidamente que a hemicelulose e gera compostos similares (Montazeri et al., 2013). Mais resistente termicamente que os outros carboidratos, a lignina requer temperatura e tempo maior durante a pirólise para a produção de compostos fenólicos, como guaiacol (2-metoxifenol) e siringol (2,6-dimetoxifenol), na pesquisa de Figuerola & Moraes (2009). O tempo e a temperatura da decomposição da celulose, hemicelulose e da lignina dependem do tipo da decomposição térmica, que pode ocorrer lenta ou rapidamente.

Os polímeros celulose, hemicelulose e lignina variam em sua porcentagem e na composição, conforme a natureza das madeiras. Desse modo, diferenças qualitativas e quantitativas nas composições químicas das madeiras podem produzir substâncias variadas na defumação, promovendo variação quanto à qualidade do alimento defumado.

A madeira *Eucalyptus citrodora* tem, na sua composição química, em base úmida 28 % de lignina insolúvel, 3,4 % de lignina solúvel, 58 % de holocelulose e 10,6 % de extrativos totais. A espécie *Acácia mearnsii*, em base úmida, é composta por 21 % de lignina insolúvel, 2,4 % de lignina solúvel, 72,4 % de holocelulose e 4,3 % de extrativos totais (Saldaña et al., 2018).

No Brasil, a espécie *Eucalyptus citriodora* é a mais explorada no processo de defumação, devido à disponibilidade e baixo custo (Luz, 2013; Laguna & Egito, 2008; Fernandes et al., 2014; Souza et al., 2008). É relevante mencionar que a espécie *Acácia mearnsii*, obteve bons resultados na defumação do *bacon*, apresentando características sensoriais semelhantes ao *bacon* comercializado no Brasil (Saldaña et al., 2019).

Em 2016, a área plantada de madeira para fins industriais no Brasil correspondia 7,84 milhões de hectares (ha) (IBÁ, 2017), sendo assim o uso de madeiras de reflorestamento promove a conservação de floresta nativa e tem potencial de uso para a defumação sustentável.

O objetivo do presente estudo foi identificar os compostos voláteis do *bacon* defumado com duas espécies de madeira de reflorestamento, *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*, utilizando a técnica SPME associada ao GC-MS.

3.1. Materiais e métodos

3.1.1. Material

As seis barrigas de carne suína foram compradas no frigorífico Frigodeliss (Capivari/SP, Brasil). Os temperos e aditivos utilizados na salmoura foram doados pela Ibrac Aditivos e Condimentos (Rio Claro/SP, Brasil).

A espécie *Eucalyptus citriodora* foi obtida na Estação Experimental de Ciências Florestais da ESALQ/USP de Itatinga (Itatinga/SP, Brasil) e a *Acácia mearnsii* foi doada por uma empresa produtora de cavaco (Rio Grande/RS, Brasil), para o processo de defumação. Foi acrescentada uma amostra de *bacon* comercial e uma amostra sem defumação para fins de comparação.

3.1.2. Processo de Elaboração do *Bacon*

O processo de elaboração do *bacon* foi igualmente realizado para todas as amostras do presente estudo. A etapa de cura consistiu na aplicação de uma salmoura (10 %), com máquina injetora automática (*Super Inject Max Power Flavor, Stander model*) com agulhas múltiplas.

A salmoura foi composta por cloreto de sódio (1,5%), sacarose refinada (0,6%), nitrito de sódio (0,03%), tripolifosfato de sódio (0,3%) e eritorbato de sódio (0,07) no produto final, sendo todos os reagentes de grau alimentício (Ibrac Aditivos e Condimentos - Brasil). Após o tamberamento e o processo de cura (12 h), as barrigas de carne suína foram aleatoriamente divididas em três tratamentos (Tabela 7), diferenciando-se em relação ao tipo de defumação (*Acácia mearnsii* e *Eucalyptus citriodora*) ou ausência (controle).

A defumação foi realizada em um defumador automático (Verinox, Itália), com gerador de fumaça, contendo quatro etapas: (1) secagem com calor seco a uma temperatura de 65 °C, por 30 minutos, com chaminé aberta e ventilação alta; (2) defumação a 75 °C, por 60 minutos, com chaminé meio aberta e ventilação baixa; (3) cozimento com calor úmido a 75 °C, por 30 minutos, com chaminé fechada e ventilação alta e (4) cozimento com calor úmido, a 80 °C, até que a temperatura do centro térmico alcance 75°C, por 2,5 horas.

Posteriormente à defumação, as amostras de *bacon* foram resfriadas em meio aquoso, com acondicionamento em bandejas plásticas higienizadas e conduzidas em bandejas à refrigeração a 2°C, por 12 horas. Após o resfriamento, as amostras foram embaladas a vácuo em embalagens termoencolhíveis e acondicionadas em bandejas sob refrigeração (5 ± 1 °C), para posteriores análises, nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.

Ao longo do armazenamento, foram realizadas análises de compostos voláteis, bem como análise de pH, teor de sódio e nitrito, TBRAS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), microbiológica e análise sensorial. Esses dados não serão apresentados, pois foram usados para o artigo científico: *Effect of the smoking process using Brazilian reforestation woods on volatile compounds, lipid oxidation and microbiological quality of bacons during shelf life* (Merlo, T.; Antonio, J. C.; Seviana, V. T.; Villegas-Lobosa, M. C.; Dargelioa, M. D. B.; Pinto, J. S. S.; Alencar, S. M., Rodriguesa, A. L. R.; Saldaña, E., Contreras-Castillo, C. J. 2020), trabalho publicado pela revista *Meat Science*.

Tabela 7: Descrição das amostras de *bacon*

Tratamentos	Código	Descrição
Controle	CT	Amostra não submetida ao processo de defumação ou adição de fumaça líquida.
<i>Acácia mearnsii</i>	AME	Amostra defumada com madeira de reflorestamento Acácia.
<i>Eucalyptus citriodora</i>	EUC	Amostra defumada com madeira de reflorestamento Eucalipto.
<i>Amostra comercial</i>	COM	Amostra comercial defumada.

3.1.3. Perfil de compostos voláteis

As extrações dos compostos voláteis nas amostras de *bacon* foram realizadas empregando microextração em fase sólida (SPME) e a identificação realizada por cromatografia gasosa (GC-MS) (Shimadzu QP2010 Plus, Shimadzu, Japão), acoplada à espectrometria de massas. A fibra da SPME,

Carboxen/Polidimetilsiloxano (Carboxen/PDMS) de 85 μm , (Supelco, Bellefonte, PA) foi condicionada no injetor do GC-MS, conforme recomendado pelo fabricante.

Cinco gramas de amostra foram acondicionados em vial de 40 ml com tampa de rosca e septo de silicone/teflon (Uniglas) e os compostos foram extraídos durante 30 min, a 60 °C. Os compostos adsorvidos pela fibra foram dessorvidos no injetor do GC-MS por 15 min, a 260 °C, em modo “Split (1:30)”.

Os compostos foram separados em uma coluna capilar RTx-5 (30 m de comprimento, 0.25 mm de diâmetro e 0.25 μm de espessura, Restek, USA). Hélio foi utilizado como gás de arraste com velocidade linear de 36 cm s^{-1} . A temperatura do forno do cromatógrafo foi mantida a 40 °C por 5 min, e então a temperatura aumentou de 40 a 240 °C a 5 °C/min e permaneceu a 240 °C por 15 min.

O espectrômetro de massas foi operado no modo SCAN, e a ionização por impacto de elétrons a 70 eV de energia. Os espectros foram obtidos entre 40 a 400 u.m.a. Os compostos foram identificados por comparação com os espectros de massa das bibliotecas Wiley 8ª Ed. e FFNSC 1.3.

A confirmação foi realizada com as bases de dados Webbook Nist e Flavornet. Foi calculado o Índice de Retenção Linear (IRL) de cada composto com os tempos de retenção da mistura de hidrocarbonetos C6–C30. Foi injetado o padrão do hexanal, pentanal, tolueno e pirazina. Os dados do perfil de compostos voláteis são representados por média e desvio padrão (DP).

3.2. Resultados E Discussão

O perfil de compostos voláteis das amostras de bacon defumados, com a *Acácia mearnsii* e a *Eucalyptus citriodora*, pode ser encontrado os respectivos cromatogramas no tempo 30 dias de armazenamento, Figura 6.

Figura 6: Cromatograma do íon total de voláteis do *bacon* defumado com a madeira *Eucalyptus citriodora* (EUC), e o *bacon* defumado com a madeira *Acácia mearnsii* (AME).

Nos cromatogramas obtidos a partir das análises dos compostos voláteis dos *bacon* defumados com as espécies *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*, pode-se observar uma diferença quantitativa entre eles. A defumação do *bacon* com a madeira *Eucalyptus citriodora* apresentou pico de fenol 55% maior, do que a realizada com a *Acácia Mearnsi*. Na Figura 7, é demonstrado a foto dos *bacon* defumado com a *Eucalyptus citriodora*, *Acácia mearnsii* e a amostra sem defumação (Controle).

Figura 7: Amostra de *bacon* defumado com a madeira *Eucalyptus citriodora*, *Acácia mearnsii* e sem defumação (controle).

Foram encontradas sete classes químicas, sendo elas: cetonas, aldeídos, hidrocarbonetos aromáticos, álcoois, fenóis, furanos e compostos nitrogenados, podem ser observadas na Tabela 8. Essas classes químicas também foram encontradas por Li et al. (2018) em amostras de *bacon* defumado.

Houve variações nas áreas dos compostos voláteis durante o armazenamento em todos os tratamentos, com tendência de aumento durante o tempo de armazenamento. Provavelmente, essas variações aconteceram devido a interação dos compostos voláteis com o *bacon* durante o período de armazenamento, resultado semelhante ao descrito por Li et al. (2018). Para o tratamento EUC a área total por grama de *bacon* foi de $35,69 \text{ UA} \times 10^5$, no dia 0, reduziu para $18,10 \text{ UA} \times 10^5$, no dia 30 e aumentou para $43,22 \text{ UA} \times 10^5$, no dia 60.

Na Tabela 8, verificou-se que os aldeídos e hidrocarbonetos aromáticos foram os principais compostos no início do armazenamento para os tratamentos AME e EUC, os quais são gerados a partir da oxidação lipídica do *bacon* (Maggiolino et al., 2019; Jin et al., 2015; Soladoye, 2017). As demais classes de compostos voláteis foram encontradas em menor quantidade.

Tabela 8: Compostos voláteis (UA x 10⁵/g) do tratamento controle (CT), dos bacons defumados com madeira de *Eucalyptus citriodora* (EUC) e *Acácia mearnsii* (AME) e do *bacon* comercial (COM).

Tabela 1. Composição química dos produtos de combustão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em forno de incineração a 1200 °C, com e sem recuperação de energia																					
		AME										CT									
Voláteis	IRL 1 2	D 0		D 15		D 30		D 45		D 60		D 0		D 15		D30		D 45		D 60	
Cetonas																					
2-butanona	590	2,49	±0,22	1,16	±0,00	1,49	±0,06	7,45	±0,28	0,57	±0,00	0,95	±0,17	3,07	±0,69	1,25	±0,04	1,79	±0,01	0,25	±0,00
2-metil-2-ciclopentene-1-ona	913	0,60	±0,04	1,02	±0,15	0,67	±0,00	0,59	±0,02	0,52	±0,00	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
1-metil-2-ciclopentene-2-ona	920	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Total		3,09		2,18		2,15		8,04		1,09		0,95		3,07		1,25		1,79		0,25	
% Área		6,34		5,52		8,73		7,72		2,61		6,44		7,54		10,56		6,88		0,82	
Aldeídos																					
3-metil butanal	646	2,17	±0,61	2,02	±0,05	0,82	±0,06	0,39	±0,03	0,79	±0,07	0,21	±0,00	0,55	±0,05	0,26	±0,01	0,51	±0,02	0,75	±0,03
2-metil butanal	656	1,15	±0,04	0,73	±0,06	0,29	±0,01	Nd		Nd		Nd		0,44	±0,01	Nd		Nd		Nd	
Pentanal	700	1,43	±0,02	0,77	±0,04	0,42	±0,00	2,63	±0,44	Nd		Nd		Nd		0,49	±0,01	0,86	±0,05	Nd	
Hexanal	804	13,91	±0,77	9,12	±0,45	5,97	±0,20	62,72	±4,48	21,66	±0,05	6,22	±0,21	19,00	±0,99	5,42	±0,07	15,01	±0,64	23,31	±1,35
5metil-furfural	836	7,68	±0,27	9,94	±0,74	2,50	±0,07	2,82	±0,56	2,42	±0,04	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Heptanal	907	1,15	±0,00	0,66	±0,20	0,65	±0,09	2,92	±0,46	Nd		Nd		1,12	±0,00	0,61	±0,00	0,67	±0,03	0,70	±0,02
Benzaldeído	966	0,82	±0,04	Nd		Nd		0,27	±0,00	0,76	±0,00	0,52	±0,02	0,96	±0,08	Nd		Nd		Nd	
Furfural	971	1,08	±0,08	1,05	±0,17	0,53	±0,00	0,54	±0,07	0,67	±0,00	0,27	±0,04	0,39	±0,01	Nd		Nd		Nd	
Octanal	1009	0,68	±0,14	0,68	±0,01	Nd		Nd		Nd		0,30	±0,05	0,51	±0,06	Nd		0,29	±0,00	0,48	±0,02
Nonanal	1111	Nd		1,36	±0,02	1,35	±0,04	7,49	±1,26	3,14	±0,00	1,02	±0,01	2,66	±0,32	0,49	±0,05	2,58	±0,41	1,99	±0,10
Total		30,08		26,32		12,52		79,98		29,44		8,54		25,64		7,26		19,92		27,23	
% Área		61,68		66,61		50,86		76,79		70,53		57,85		62,97		61,33		76,58		89,76	
Compostos Nitrogenados																					
Pirazina	730	0,83	±0,26	0,56	±0,05	0,43	±0,01	0,37	±0,00	0,33	±0,01	0,44	±0,05	Nd		Nd		Nd		Nd	
Metil pirazina		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Total		0,83		0,56		0,43		0,37		0,33		0,44		0,00		0,00		0,00		0,00	
% Área		1,70		1,42		1,75		0,36		0,79		2,98		0,00		0,00		0,00		0,00	
Hidrocarbonetos																					
Aromáticos																					
Tolueno	767	3,05	±0,55	1,40	±0,09	0,92	±0,04	1,20	±0,24	0,32	±0,00	0,41	±0,00	2,02	±0,09	1,29	±0,01	1,71	±0,01	Nd	±0,00
Etil-benzeno	865	2,20	±0,01	0,49	±0,07	0,51	±0,00	0,54	±0,00	1,94	±0,09	0,31	±0,00	2,17	±0,02	0,45	±0,00	0,33	±0,01	0,70	±0,05
Xileno	873	2,58	±0,09	0,46	±0,07	0,55	±0,00	0,69	±0,07	2,18	±0,05	0,28	±0,01	2,14	±0,00	0,41	±0,00	Nd		0,65	±0,06
Estireno	894	0,71	±0,15	0,06	±0,00	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Total		8,54		2,41		1,98		2,43		4,45		1,00		6,34		2,16		2,04		1,34	
% Área		17,50		6,10		8,04		2,33		10,66		6,79		15,57		18,23		7,84		4,43	
Álcoois																					

2-etil-1-hexanol	1036	0,66	±0,17	0,76	±0,00	ND		1,31	±0,10	1,16	±0,03	1,08	±0,07	1,56	±0,04	0,83	±0,01	1,16	±0,00	1,17	±0,03
Álcool benzílico	1041	3,14	±0,30	2,55	±0,05	0,55	±0,06	1,01	±0,07	0,91	±0,20	2,75	±0,17	4,10	±0,54	0,33	±0,01	1,11	±0,12	0,34	±0,01
Total		3,79		3,31		0,55		2,32		2,07		3,83		5,67		1,16		2,27		1,51	
% Área		7,77		8,39		2,23		2,22		4,96		25,93		13,92		9,82		8,71		4,97	
Furanos																					
2-Furanmetanol	859	0,58	±0,03	Nd		1,73	±0,00	2,85	±0,60	1,57	±0,00	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
2-acetil-furano	917	Nd ³		0,89	±0,10	0,65	±0,00	1,04	±0,03	Nd	±0,00	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
2-acetil-5metil fruano	1042	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Total		0,58		0,89		2,38		3,89		1,57		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
% Área		1,19		2,25		9,67		3,74		3,76		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
Fenóis																					
Fenol	987	Nd		0,40	±0,14	0,38	±0,02	0,68	±0,09	0,31	±0,00	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
p-Creosol	1052	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
2-Metilfenol	1061	Nd		Nd		Nd		0,31	±0,07	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
4-metil-fenol	1082	Nd		0,29	±0,00	Nd		0,97	±0,01	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Guaiacol	1097	1,49	±0,07	2,24	±0,27	3,34	±0,00	3,79	±0,52	1,82	±0,10	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
3,4-dimetil-fenol	1193	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
3-etilfenol	1175	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
o-Creosol	1203	0,37	±0,06	0,90	±0,04	0,89	±0,10	1,57	±0,09	0,66	±0,03	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Total		1,86		3,83		4,61		7,32		2,79		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
% Área		3,81		9,69		18,72		7,03		6,68		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
Total área		48,76	±0,21	39,51	±1,83	24,62	±0,37	104,15	±2,10	41,74	±0,55	14,76	0,27	40,72	0,43	11,84	0,03	26,01	1,02	30,34	1,32

Parte 2.2

Voláteis	IRL ^{1 2}	EUC										COM									
		D 0		D 15		D30		D 45		D 60		D 0		D 15		D30		D 45		D 60	
Cetona																					
2-butanona	590	3,31	±0,01	3,25	±0,07	1,08	±0,01	0,72	±0,00	1,39	±0,01	13,92	±0,36	10,51	±1,08	5,60	±0,41	4,30	±0,03	9,81	±0,28
2-metil-2-ciclopentene-1-ona	913	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		1,09	±0,13	0,59	±0,02	1,16	±0,00	2,47	±0,33	0,87	±0,67
1-metil-2-ciclopentene-2-ona	920	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		7,11	±0,9	15,94	±0,05	15,06	±0,31	Nd	
Total		3,31		3,25		1,08		0,72		1,39		15,01		18,21		22,69		21,83		10,68	
% Área		9,27		6,52		5,97		2,01		3,22		6,42		6,94		9,72		7,15		4,08	
Aldeídos																					
3-metil butanal	646	1,40	±0,06	1,10	±0,07	0,74	±0,02	0,64	±0,02	0,69	±0,19	2,80	±0,37	3,10	±0,05	1,30	±0,05	0,55	±0,06	1,28	±0,20
2-metil butanal	656	1,31	±0,06	0,62	±0,02	0,27	±0,00	0,40	±0,00	0,39	±0,01	14,82	±2,57	13,21	±0,30	3,65	±0,40	2,04	±0,21	5,47	±0,59
Pentanal	700	0,49	±0,09	0,92	±0,06	Nd		0,65	±0,01	1,28	±0,15	Nd		2,73	±0,05	0,16	±0,00	1,33	±0,11	1,34	±0,05
Hexanal	804	6,36	±0,01	10,99	±0,31	4,97	±0,05	13,49	±0,16	22,88	±0,13	7,62	±0,65	5,58	±0,52	13,84	±0,13	19,28	±1,09	3,29	±0,45
5-metil Furfural	836	4,10	±0,08	7,72	±0,11	1,94	±0,00	4,47	±0,14	4,34	±0,35	5,22	±0,57	3,78	±0,23	5,13	±0,30	Nd		3,96	±0,15
Heptanal	907	0,46	±0,02	Nd		0,52	±0,01	0,70	±0,02	0,83	±0,11	2,02	±0,08	1,20	±0,02	1,52	±0,01	1,38	±0,00	0,18	±0,02
Benzaldeído	966	0,52	±0,05	1,23	±0,21	0,31	±0,01	0,57	±0,02	Nd		Nd		6,28	±1,70	6,21	±0,18	5,01	±1,36	4,40	±0,09
Furfural	971	0,64	±0,01	1,28	±0,09	0,51	±0,00	1,00	±0,02	1,03	±0,11	13,91	±0,18	10,11	±0,40	13,51	±0,14	13,15	±0,78	11,64	±0,30
Octanal	1009	0,68	±0,04	1,36	±0,05	Nd		0,52	±0,03	0,53	±0,08	7,86	±0,44	5,67	±0,16	3,50	±0,53	3,00	±0,62	7,51	±0,10
Nonanal	1111	0,81	±0,02	2,00	±0,01	1,25	±0,02	2,14	±0,09	1,84	±0,08	6,94	±0,65	6,18	±0,04	9,45	±0,00	7,75	±0,08	5,34	±0,08
Total		16,76		27,22		10,51		24,58		33,82		61,18		57,84		58,26		53,48		44,41	
% Área		46,97		54,60		58,08		68,55		78,24		26,16		22,03		24,96		17,52		16,94	
Compostos Nitrogenados																					
Pirazina	730	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		1,14	±0,13	1,05	±0,01	0,68	±0,11	0,46	±0,10	0,60	±0,01
Metil pirazina		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		3,46	±0,15	5,39	±0,57	Nd		1,55	±0,15	2,80	±0,26
Total		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		4,59		6,44		0,68		2,01		3,39	
% Área		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		1,96		2,45		0,29		0,66		1,29	
Hidrocarbonetos																					
Aromáticos																					
Tolueno	767	2,50	±0,33	2,38	±0,17	0,75	±0,01	0,94	±0,01	1,15	±0,01	7,40	±0,45	6,25	±0,50	3,60	±0,59	2,14	±0,07	2,10	±0,05
Etil benzeno	865	2,28	±0,30	2,39	±0,46	0,33	±0,02	0,89	±0,01	0,80	±0,01	0,52	±0,03	0,36	±0,00	1,00	±0,03	0,72	±0,07	0,77	±0,01
Xileno	873	2,32	±0,36	2,39	±0,46	0,28	±0,02	0,69	±0,00	0,60	±0,02	2,31	±0,43	2,00	±0,01	1,93	±0,09	0,97	±0,04	1,54	±0,32
Estireno	894	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		2,30	±0,20	1,46	±0,25	1,33	±0,08	1,02	±0,10	1,41	±0,00
Total		7,10		7,17		1,37		2,53		2,55		12,53		10,06		7,86		4,85		5,81	
% Área		19,89		14,38		7,57		7,06		5,89		5,36		3,83		3,37		1,59		2,22	
Álcoois																					
2-etil-1 hexanol	1036	1,81	±0,22	1,59	±0,08	0,94	±0,02	1,55	±0,03	0,87	±0,08	0,99	±0,07	0,77	±0,01	1,00	±0,05	Nd		1,05	±0,13

Álcool benzílico	1041	3,71	±0,09	3,87	±0,32	0,46	±0,00	0,99	±0,01	Nd		5,66	±0,15	6,23	±0,42	4,66	±0,32	2,18	±0,02	1,59	±0,20
Total		5,52		5,46		1,40		2,54		0,87		6,65		7,01		5,66		2,18		2,65	
% Área		15,46		10,96		7,73		7,08		2,02		2,84		2,67		2,43		0,72		1,01	
Furanos																					
2-Furanmetanol	859	Nd		1,03	±0,15	0,58	±0,00	0,72	±0,05	0,50	±0,02	16,91	±0,28	12,57	±0,63	0,26	±0,01	Nd		Nd	
2-acetil Furano	917	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		7,60	±0,84	17,52	±1,36	Nd		Nd		Nd	
2-acetil-5metil furano	1042	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		0,96	±0,23	0,40	±0,01	9,93	±0,65	9,31	±0,79	8,05	±0,59
Total		0,00		1,03		0,58		0,72		0,50		25,48		30,50		10,19		9,31		8,05	
% Área		0,00		2,07		3,21		2,01		1,16		10,89		11,62		4,37		3,05		3,07	
Fenol																					
Fenol	987	0,50	±0,00	0,70	±0,98	0,29	±0,00	0,92	±0,01	1,01	±0,06	5,75	±0,13	47,02	±0,23	59,63	±1,48	64,23	±0,63	55,51	±4,70
p-Creosol	1052	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		18,70	±1,85	13,47	±0,65	28,78	±1,36	23,94	±1,24	20,13	±0,77
2-Metilfenol	1061	Nd		0,25	±0,03	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
4-metilfenol	1082	1,07	±0,02	1,44	±0,00	Nd		0,98	±0,02	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		Nd	
Guaiacol	1097	1,36	±0,10	1,96	±0,08	2,31	±0,01	2,09	±0,03	2,11	±0,01	36,68	±2,49	34,07	±1,86	5,21	±0,41	41,66	±0,29	37,93	±1,28
3,4-dimetil fenol	1193	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		5,54	±0,77	5,22	±0,30	9,08	±0,54	8,45	±0,64	7,19	±0,25
3-etil-fenol	1175	Nd		Nd		Nd		Nd		Nd		1,46	±0,07	0,96	±0,06	4,49	±0,59	6,44	±1,01	4,43	±0,29
O-Creosol	1203	0,08	±0,00	0,81	±0,02	0,55	±0,00	0,78	±0,01	0,97	±0,07	40,00	±0,44	24,35	±1,09	4,64	±0,66	50,62	±0,45	49,14	±0,95
Total		3,00		5,16		3,15		4,77		4,09		108,13		125,09		111,82		195,35		174,33	
% Área		8,41		10,35		17,41		13,30		9,47		46,23		47,65		47,91		64,01		66,52	
Total área		35,69	±1,57	49,85	±0,76	18,10	±0,03	35,86	±0,14	43,22	±0,10	233,91	7,46	262,51	2,20	233,38	2,81	305,20	10,21	262,08	8,40

¹MS: Espectro de massa das bibliotecas Nist 05 e Wiley 8.Lib.

²IRL: Índice de retenção linear calculado para a coluna RTX-5 e IRL de acordo com a biblioteca Nist e Flavornet.

³ Nd: Não detectado.

UA: Unidade de área

g: grama

Entre os aldeídos identificados estão o 3-metil butanal, 2-metil butanal, pentanal, hexanal, furfural, heptanal, benzaldeído, 5-metil fufural, octanal e nonanal, os quais variam de 16,94 (mínimo) a 89,76% (máximo) da área total. A amostra AME apresentou mais área de aldeídos, chegando a $80 \text{ UA} \times 10^5$ por grama de *bacon*, proporcionando o aroma gorduroso, resultado também relatado por Huang et al. (2019); Maggiolino et al. (2018).

Os aldeídos de cadeia linear (Tabela 8) indicam que a oxidação lipídica ocorre de forma lenta durante o processamento do *bacon* e desempenha um papel importante na formação de voláteis, resultado semelhante ao de Wu et al. (2015). Entre os aldeídos, o hexanal é o composto volátil com maior área nos quatros tratamentos, sendo este o composto responsável pelo aroma de gordura (Huang et al., 2014a; Gong et al., 2017; Huang et al., 2019b; Kert & Miller, 2015), em concordância com o encontrado por Saldaña et al. (2019a) e Li et al. (2018).

A predominância de hexanal sobre os demais compostos voláteis observados neste estudo não pode ser atribuída ao ranço oxidativo e sim à oxidação lipídica que ocorre lentamente no produto, resultado relatado na pesquisa de (Merlo et al., 2020).

Os aldeídos de cadeia linear são derivados da β -oxidação de ácidos graxos, como o ácido linolênico (Schuster et al., 2018; Domínguez et al., 2014). Ainda, durante o processo de cozimento, os compostos voláteis são formados a partir da degradação de Strecker e da reação de Maillard, como o 2-metilbutanal, 3-metilbutanal e furfural (Donadel et al., 2013; Chen, Balagiannis, & Parker, 2019; Kosowska et al., 2017).

Os hidrocarbonetos aromáticos são a segunda maior classe de compostos voláteis encontrados nos tratamentos analisados, variando de 2,22 a 19,89%. O tolueno pode derivar da pirólise da tirosina livre ou da auto-oxidação e oxidação térmica (Maggiolino et al., 2019).

A concentração deste composto aumentou no último estágio de armazenamento do tratamento EUC, sendo sua formação relacionada à oxidação lipídica, ou seja, com o aumento de hexanal durante o armazenamento (Maggiolino et al., 2019).

Os compostos xileno e estireno são derivados do benzeno (Gómez et al., 2018) e estão presentes em maior concentração nas amostras AME e EUC,

indicando que o processo de defumação influenciou na formação de tais compostos. A presença destes compostos pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento geral do sabor do produto curado e defumado (Rasinska et al., 2019).

Os compostos fenólicos são formados durante a pirólise da madeira, decomposição térmica da lignina. E os fenóis são adsorvidos pelos alimentos durante o processo de defumação e confere o aroma de defumado e, alguns destes compostos, por apresentarem propriedade antioxidante e antimicrobiana, influenciam na conservação dos alimentos (Sung et al., 2013).

Estes compostos foram encontrados nos tratamentos AME, EUC e COM, porém a defumação com *Eucalyptus citriodora* promoveu maior área, variando de 8,41 a 17,41%. As áreas mais altas foram para o composto guaiacol e creosol, e os menores foram 2-metilfenol, fenol e 4-metil-fenol.

Isto se deve à concentração de lignina total presente na madeira sem tratamento térmico *Eucalyptus citriodora* (31 g/100 g), enquanto a *Acácia mearnsii* apresenta 23 g/100 g (Saldaña et al., 2019b). Quando a madeira é submetida ao processo de pirólise térmica formam-se os compostos fenólicos, que são adsorvidos ao *bacon* durante o processo de defumação (Huang et al., 2019b).

Ao comparar o perfil de compostos voláteis à defumação do *bacon* com as madeiras de reflorestamento, *Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*, foi identificado que a defumação com a madeira *Eucalyptus citriodora* apresentou maior área de fenóis. Enquanto a *Acácia mearnsii* tem mais área de aldeídos. Esses resultados é devido as composição químicas das madeiras, influenciando no aroma global do *bacon*. A madeira conhecida como eucalipto é de baixo custo e é encontrada em grande parte do território brasileiro, pode ser uma madeira (*E. citriodora*) alternativa para a defumação de alimentos, pois o guaiacol e o creosol são compostos que proporcionam aroma de defumado ao *bacon*.

Os álcoois identificados no presente estudo foram 2-etil-1-hexanol e o álcool benzílico, que contribuíram em parte para agregar sabor ao *bacon*. O 2-etil-1-hexanal também foi detectado em *bacon* frito e lombo frito (Timón et al., 2004) e na carne de baiacu cozida (Tao et al. 2014).

Os álcoois encontrados, possivelmente são da oxidação lipídica, também já relatado por Tao et al. (2014), sendo este um dos principais motivos da sua

presença no produto, outra possível origem é das madeiras utilizadas nas defumações (Marušić Radovčić et al., 2016).

As cetonas possuem valores de limiar de odor (threshold) relativamente baixos, a porcentagem variou de 0,82 a 10,56 %. Foram identificadas a 2-butanona, que é derivada da oxidação de ácidos graxos poli-insaturados e da degradação de aminoácidos pela via de Strecker (Gong et al., 2017; Schuster et al., 2018), e a 2-metil-2-ciclopenten-1-ona no tratamento AME. Ambas foram produzidas pela defumação devido à característica da madeira utilizada (Maggiolino et al., 2019).

A pirazina e metilpirazina são formadas pela reação entre açúcares e aminoácidos, através da degradação de Strecker (Sung et al., 2013). O aroma da pirazina está ligado ao aroma do produto curado e defumado, para os quatros tratamentos variou de 0,36 a 2,45 %, esse resultado também foi reportado por Sung et al (2013).

Neste estudo, foram encontrados três furanos, o 2-furano-metanol e traços de ethanone, 2-acetil-furano e do 2-acetil-5metil-furano. O 2-furano-metanol é produzido pela degradação térmica da desoxirribose a partir do DNA da carne e ele é um importante intermediário na reação de Maillard (Watanabe et al. 2015). Estudos demostram que as pirazinas e furanos são responsáveis por conferir aos alimentos aromas de carne (Timón et al. 2004).

CONCLUSÃO

Após analisar as amostras de *bacon* defumados com as duas madeiras de reflorestamento (*Eucalyptus citriodora* e *Acácia mearnsii*), foi possível comprovar que as composições dos compostos voláteis das amostras defumadas com as duas madeiras são distintas, isso provavelmente é devido às diferentes composições químicas das madeiras.

Ao defumar o *bacon* com a madeira *Acácia mearnsii*, foram identificadas maiores concentração de aldeídos, compostos que contribuem para o aroma de gordura ao *bacon*, quando comparamos com o produto defumado com a *E. citriodora*, o *bacon* defumado com *Acácia mearnsii* teve menores concentrações de fenóis. Defumar com a espécie de *Eucalyptus citriodora* tem maior formação de compostos fenólicos, como o guaiacol e o creosol e esses compostos são essenciais

para o aroma do *bacon*. Além disso, são responsáveis pelo sabor defumado do *bacon*. Trata-se de uma madeira de baixo custo, de reflorestamento e é encontrada em grande parte do território brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABPA, (2019) - Associação Brasileira de proteção animal, **Relatoria anual de Consumo Per Capita de Carne Suína no Brasil**, 2019.

ARGYRI, Anthoula A.; MALLOUCHOS, Athanasios; PANAGOU, Efstathios Z.; et al. **The dynamics of the HS/SPME-GC/MS as a tool to assess the spoilage of minced beef stored under different packaging and temperature conditions.** International Journal of Food Microbiology, v. 193, p. 51–58, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Memorando 095/2012/DICS/CGI/DIPOA, de 27 de julho de 2012. Esclarecimento quanto ao procedimento de defumação de produtos cárneos e revisão de rotulagem de produtos defumados.**

Chen, D. W., Balagiannis, D. P., & Parker, J. K. (2019). **Use of egg yolk phospholipids to generate chicken meat odorants.** Food Chemistry, 286, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.184>.

Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., & Lorenzo, J. M. (2014). **Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat.** LWT - Food Science and Technology, 58, 439–445. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.006>.

Donadel, J. Z., Nörnberg, J. L., Kessler, J. D., Osório, J. C. da S., Osório, M. T. M., & Wagner, R. (2013). **Análise qualitativa de compostos voláteis do headspace de carne cozida de ovinos e caprinos.** Ciência Rural, 43, 2085–2092. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001100026>.

Figueroa, M. J. M.; Moraes, P. D. (2009) **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas.** Ambiente Construído, v. 9, n. 4, p. 157-174.

Gómez, X., Meredith, W., Fernández, C., Sánchez-García, M., Díez-Antolínez, R., Garzón-Santos, J., & Snape, C. E. (2018). **Evaluating the effect of biochar addition on the anaerobic digestion of swine manure: application of Py-GC/MS.** Environmental Science and Pollution Research International, 25, 25600–25611. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2644-4>.

Gong, H., Yang, Z., Liu, M., Shi, Z., Li, J., Chen, W., & Qiao, X. (2017). **Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC–MS detection.** *Food Science and Human Wellness*, 6, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.07.001>.

Huang, Y., Li, H., Huang, T., Li, F., & Sun, J. (2014). **Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon.** *Food Chemistry*, 149, 31 – 39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.081>.

Huang, X. H., Zheng, X., Chen, Z. H., Zhang, Y. Y., Du, M., Dong, X. P., ... Zhu, B.-W. (2019a). **Fresh and grilled eel volatile fingerprinting by e-Nose, GC-O, GC–MS and GC × GC-QTOF combined with purge and trap and solvent-assisted flavor evaporation.** *Food Research International*, 115, 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.056>.

Huang, Y., Zhang, Y., Qi, Y., Yu, Y., & Yu, W. (2019b). **Identification of odorous constituents of bamboo during thermal treatment.** *Construction and Building Materials*, 203, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.054>.

Indústria Brasileira De Árvores – IBÁ. (2017). **Relatório anual 2017**, ano base 2016. Brasília: IBÁ.

Jin, G., He, L., Li, C., Zhao, Y., Chen, C., Zhang, Y., ... Ma, M. (2015). **Effect of pulsed pressure-assisted brining on lipid oxidation and volatiles development in pork bacon during salting and drying-ripening.** *LWT - Food Science and Technology*, 64, 1099–1106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.016>.

Jiang, Y. Z.; Zhu, L.; Tang, G. Q.; et al. **Carcass and meat quality traits of four commercial pig crossbreeds in China.** *Genetics and molecular research: GMR*, v. 11, n. 4, p. 4447–4455, 2012.

Kerth, C. R., & Miller, R. K. (2015). **Beef flavor: a review from chemistry to consumer.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 2783–2798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7204>.

Kosowska, M., A. Majcher, M., Fortuna, T., Kosowska, M., A. Majcher, M., & Fortuna, T. (2017). **Volatile compounds in meat and meat products.** *Food Science and Technology*, 37, 1–7. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.08416>.

Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G., & Xu, X. (2013). **Effect of plant polyphenols and ascorbic acid on lipid oxidation, residual nitrite and N-nitrosamines formation in dry-cured sausage.** *International Journal of Food Science & Technology*, 48, 1157 - 1164. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12069>.

Li, X., Zhu, J., Li, C., Ye, H., Wang, Z., Wu, X., & Xu, B. (2018). **Evolution of Volatile Compounds and Spoilage Bacteria in Smoked Bacon during Refrigeration Using an E-Nose and GC-MS Combined with Partial Least Squares Regression.** *Molecules*, 23, e3286. <https://doi.org/10.3390/molecules23123286>.

Luz, R. L. F. (2013). **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em queijos defumados e em queijos assados em churrasqueiras.** Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1675/2/DISSERTACAO_Hidrocarbonetos%20polic%3%adclicos%20arom%3%a1ticos....pdf>. Acesso em: 22 nov 2019.

Maggiolino, A., Lorenzo, J. M., Marino, R., Malva, A. della, Centoducati, P., & Palo, P. D. (2019). **Foal meat volatile compounds: effect of vacuum ageing on semimembranosus muscle.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 1660–1667. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9350>.

Machiels, D. et al. **Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats.** *Talanta*, vol. 60, ed. 4, pg. 755-764, 2003.

Montazeri, N.; Oliveira, A. C. M.; Himelbloom, B. H.; Leigh, M. B.; Crapo, C. A. (2013) **Chemical characterization of commercial liquid smoke products.** *Food Science & Nutrition*, v. 1, n. 1, p. 102-115.

Meinert, Lene; Andersen, L. T. Bredie, Wender, L. P.; et al. (2007) **Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature.** *Meat Science*, v.75, n.2, p.229-242.
Ogbadu, L. J. (2014). In: *Encyclopedia of Food Microbiology. PRESERVATIVES | Traditional Preservatives – Wood Smoke* (pp. 141–148). [s.l.] Elsevier.

TAO, Ning-Ping; WU, Rong; ZHOU, Pei-Gen; et al. **Characterization of odor-active compounds in cooked meat of farmed obscure puffer (Takifugu obscurus) using gas chromatography–mass spectrometry–olfactometry.** *Journal of Food and Drug Analysis*, v. 22, n. 4, p. 431–438, 2014.

TIMÓN, María L.; CARRAPISO, Ana I.; JURADO, Ángela; et al. **A study of the aroma of fried bacon and fried pork loin.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 84, n. 8, p. 825–831, 2004.

Rasinska, E., Rutkowska, J., Czarniecka-Skubina, E., & Tambor, K. (2019). **Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat.** *LWT*, 110, 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.067>.

Saldaña, E., Saldarriaga, L., Cabrera, J., Siche, R., Behrens, J. H., Selani, M. M., ... Contreras-Castillo, C. J. (2019a). **Relationship between volatile compounds and consumer-based sensory characteristics of bacon smoked with different Brazilian woods.** *Food Research International*, 119, 839–849. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.067>

Saldaña, E., Soletti, I., Martins, M. M., Menegali, B. S., Merlo, T. C., Selani, M. M., ... Contreras-Castillo, C. J. (2019b). **Understanding consumers' dynamic sensory perception for bacon smoked with different Brazilian woods.** *Meat Science*, 154, 46-53.

Schuster, L., Franke, C., Silcock, P., Beauchamp, J., & Bremer, P. J. (2018). **Development of a novel sample reuse approach to measure the impact of lean meat, bone and adipose tissue on the development of volatiles in vacuum-packed chilled lamb stored at 2°C for 15 days.** *Meat Science*, 145, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.016>.

Soladoye, O. P., Shand, P., Dugan, M. E. R., Gariépy, C., Aalhus, J. L., Estévez, M., & Juárez, M. (2017). **Influence of cooking methods and storage time on lipid and protein oxidation and heterocyclic aromatic amines production in bacon.** *Food Research International*, 99, 660–669. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.029>.

SOUZA, Jean Carlos Portos Vilas Boas et al. **Sistema de Produção.** Embrapa. 2013.

Sung, W-C. (2013). **Volatile constituents detected in smoke condensates from the combination of the smoking ingredients sucrose, black tea leaves, and bread flour.** *Journal of Food and Drug Analysis*, 21, 292–300. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.07.005>

Wu, H., Zhuang, H., Zhang, Y., Tang, J., Yu, X., Long, M., ... Zhang, J. (2015). **Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing.** *Food Chemistry*, 172, 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.088>.

XIANG, Xiao-le; JIN, Guo-feng; GOUDA, Mostafa; et al. **Characterization and classification of volatiles from different breeds of eggs by SPME-GC–MS and chemometrics.** *Food Research International*, v. 116, p. 767–777, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificados quarenta compostos voláteis presentes no *bacon*, devido à ação da fumaça no bacon, liberando componentes fundamentais para o desenvolvimento do aroma, cor e sabor. O tipo de madeira utilizada no processamento do *bacon* tem influência no aroma global do produto defumado e pode ser usada madeira de reflorestamento.

O aroma do *bacon* é resultado de um conjunto de procedimentos, sendo influenciado pela qualidade da carne suína e seu processamento. A gordura e a defumação desempenham um papel importante no desenvolvimento das características físicas e químicas do produto. A técnica de microextração em fase sólida empregada por muitos autores para a análise de compostos voláteis também foi utilizada neste trabalho.

Os perfis de compostos voláteis de seis amostras de *bacon* produzido no Brasil foram identificados e poderão servir como fonte de dados para trabalhos futuros. As concentrações dos aldeídos das amostras armazenadas a temperatura ambiente (25 °C) tiveram diferença significativa em relação às amostras de *bacons* comerciais armazenados a 10° C. Isso é provavelmente consequência da aceleração das reações químicas e bioquímicas devido à temperatura que ficaram expostas ao longo do tempo.

Foi possível analisar o *bacon* defumado com as duas espécies de madeiras de reflorestamento: *Eucalyptus citriodora* e a *Acácia mearnsii*, por meio da técnica SPME associada ao CG/MS. A partir dos resultados, chegou-se à conclusão que o *bacon* defumado com a madeira *Eucalyptus citriodora* teve maior concentração de compostos fenólicos, como o guaiacol e o creosol, compostos essenciais para o aroma de defumado do *bacon*. A defumação com a madeira *Acácia mearnsii* apresentou mais aldeídos, que contribui para o aroma gordura do *bacon*. Além de fenóis e aldeídos, também foram identificados nos *bacon*: cetonas, alcoóis, hidrocarbonetos aromáticos e compostos nitrogenados.