

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

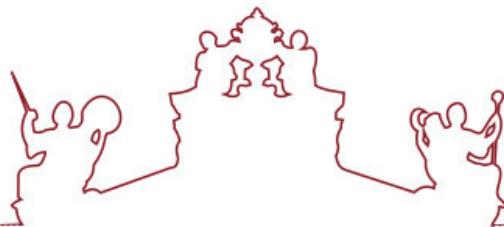
Efeito da utilização de machos inteiros e de uma mistura alimentar com inclusão de subprodutos agroindustriais nos parâmetros de carcaça e qualidade de carne da raça suína Alentejana.

Ricardo Varino

Orientador(es) | José Manuel Mota Ruivo Martins
André Filipe Barreto Albuquerque

Evora 2023

Esta dissertação não inclui as críticas e as sugestões feitas pelo júri.



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

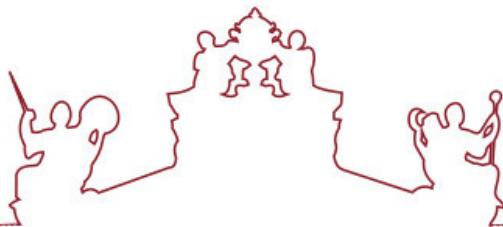
Efeito da utilização de machos inteiros e de uma mistura alimentar com inclusão de subprodutos agroindustriais nos parâmetros de carcaça e qualidade de carne da raça suína Alentejana.

Ricardo Varino

Orientador(es) | José Manuel Mota Ruivo Martins
André Filipe Barreto Albuquerque

Evora 2023

Esta dissertação não inclui as críticas e as sugestões feitas pelo júri.



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Fernando Paulo Marques (Universidade de Évora)

Vogais | José Alberto Neves (Universidade de Évora) (Arguente)
José Manuel Martins (Universidade de Évora) (Orientador)

Évora 2023



Resumo

A nível europeu, a produção de suínos enfrenta um grande desafio no futuro próximo, devido ao facto de a castração cirúrgica de leitões (atualmente permitida só até aos 7 dias e após esta só sob anestesia e analgesia) deixar de poder ser realizada. Antes de se por fim a esta prática tradicional e ainda em vigor a título excepcional nos sistemas de produção extensivos, muitos dos problemas que daí advêm terão de ser abordados da melhor forma, tendo em vista uma nova adaptação do setor suinícola. Isto significa, que não só devem ser resolvidos os problemas do odor e sabor a macho na carne e gordura de suínos, como também, tentar que a qualidade tecnológica da carne não seja afetada. Desta forma, ter-se-á de procurar alternativas viáveis à castração cirúrgica, de forma a garantir a mesma ou uma melhor qualidade da carne. Entre essas alternativas, encontram-se o efeito da utilização de uma mistura alimentar em machos intactos, promovendo também a bio-economia circular, envolvendo a utilização de alimentos localmente produzidos e subprodutos e resíduos agroindustriais com efeito na redução do odor e sabor a macho, que podem originar situações de valorização económica no interior do País.

Foram estudados três grupos de animais da raça suína Alentejana, castrados (C) e intactos (I) consumindo ração comercial, e intactos consumindo ração experimental (IE), tendo sido abatidos ao peso de ~160 kg. Foram estudadas características relativas ao crescimento, às peças da carcaça e analisados os parâmetros físico-químicos no músculo *Longissimus lumborum*.

Neste trabalho, o grupo IE, segundo a análise de todos os parâmetros em estudo, beneficiou da alimentação em estudo, ou seja, da ração experimental. Comparativamente com o grupo controlo, ingeriram em média menos alimento e registaram um crescimento superior em menos dias, apresentando um índice de conversão alimentar inferior. A relação peças magras/peças gordas neste grupo foi superior. Nas características físico-químicas, o grupo IE relativamente ao grupo C, apresentou uma carne com maior teor de humidade, mas menor teor de gordura intramuscular, apresentando também um maior conteúdo em colagénio total e menor valor de pH.

Em conclusão, a ração experimental levou a uma melhor *performance* dos animais do grupo IE, sendo benéfico economicamente na produção de suínos.

Estudos em curso irão verificar se a ração experimental é eficaz a reduzir odor e sabor a macho na carne e gordura dos porcos Alentejanos intactos abatidos a aproximadamente 160 kg.



Effect of using intact males and a feed mixture with the inclusion of agro-industrial by-products on carcass parameters and meat quality of the Alentejano pig

Abstract

At the European level, pig production will be increasingly challenged due to the fact that surgical castration of piglets (currently only allowed up to 7 days of age and after that only under anaesthesia and analgesia) will no longer be carried out. Before the end of this traditional practice, still exceptionally practiced in extensive production systems, many of the problems that arise from it will have to be addressed in the best way, with a view to a new adaptation of the pig sector. This means that not only must the problems of intact male taste and odour in pig meat and fat be solved, but also that the technological quality of the meat must not be affected. Therefore, viable alternatives to surgical castration must be sought, in order to guarantee the same or better meat quality. Among these alternatives are the effect of using a food mixture on intact males, also promoting the circular bio-economy, with the use of locally produced food and agro-industrial by-products and residues, with the effect of reducing the intact male taste and odour, that can lead to an economic recovery in the interior of the country.

Three groups of animals of the Alentejana pig breed were studied, castrated (C) and intact males (I) consuming commercial feeds, and intact males consuming experimental diet (IE), all slaughtered at a weight of ~160 kg. The characteristics relating to growth, carcass parameters and carcass traits were studied and the physical-chemical parameters in the *Longissimus lumborum* muscle were analysed.

In this work, the IE group of animals, according to the analysis of all the parameters under study, benefited from the experimental diet. Compared to C group, they ingested on average less feed and experienced higher growth in fewer days, with a lower feed conversion ratio. The lean/fat ratio was higher, with a lower number of fat traits. Regarding the physical-chemical characteristics of the loin, the IE group in relation to the C group, presented a higher moisture content, with a lower intramuscular fat content, and a higher total collagen content and a lower pH value.

In conclusion, the experimental feed led to a better performance of the animals in the IE group, being economically beneficial in pig production.

Ongoing studies will verify whether the experimental feed is effective in reducing the male flavour and odour in the meat and fat of intact Alentejano pigs slaughtered at approximately 160 kg.



Índice

Resumo	I
Abstract.....	II
Índice	III
Índice de Figuras.....	V
Lista de Tabelas	VI
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 História da Raça Alentejana.....	2
2.1.1 Características da raça.....	3
2.1.2 Sistemas de Produção	4
2.2 Importância da produção e do consumo de carne de suínos	5
2.3 Produção de suínos na Europa	7
2.3.1 Vantagens e desvantagens de criar porcos intactos	9
2.4 Odor e sabor a macho na carne, gordura e produtos cárneos.....	11
2.4.1 A produção de androstenona e escatol em machos intactos	11
2.4.2 Deteção pelos consumidores do odor e sabor a macho na carne e gordura de suínos	13
2.5 Métodos de redução da androstenona e do escatol	13
2.5.1 Castração cirúrgica	13
2.5.2 Imunocastração	14
2.5.3 Seleção genética.....	16
2.5.4 Alimentação	18
2.6 A utilização de alimentos de produção local e de subprodutos na produção suína	20



2.7 Características físico-químicas da carne (<i>Longissimus lumborum</i>).....	23
2.7.1 Humidade.....	23
2.7.2 Proteína total.....	23
2.7.3 Colagénio total e solúvel	24
2.7.4 Lípidos totais	24
2.7.5 pH	25
2.7.6 Cor	26
3. OBJETIVOS.....	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1. Ensaio experimental	29
4.1.1. Animais e instalações	29
4.1.2. Alimentos e regimes alimentares	30
4.1.3. Pesagem dos animais	31
4.1.4. Abates	32
4.1.5. Colheita e preparação de amostras no matadouro	32
4.2 Procedimentos analíticos.....	32
4.2.1 Parâmetros físico-químicos e tecnológicos	32
4.3 Análise estatística.....	37
5. RESULTADOS	38
6. DISCUSSÃO	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49



Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição geográfica da produção de porco Alentejano (Fonte: SPREGA, s.d.)	4
Figura 2 - Níveis de androstenona e escatol em diferentes raças e populações cruzadas	17



Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estrutura da produção de carne em Portugal – Ano de 2019	6
Tabela 2 - Evolução do consumo anual per capita de carne de suíno em Portugal entre 1991 e 2017.....	7
Tabela 3- Consumo anual per capita de carne em Portugal – Ano de 2019	7
Tabela 4 - Composição química das rações comerciais e da ração experimental	31
Tabela 5 - Dados de crescimento de porcos Alentejanos castrados (C), intactos (I) e intactos experimentais (IE) abatidos a ~160 kg de peso vivo,1	38
Tabela 6 - Dados de carcaça e peças de porcos Alentejanos castrados (C), intactos (I) e intactos experimentais (IE)	40
Tabela 7 - Composição química, pH, perdas de água por gotejamento e parâmetros CIE de cor do m. Longissimus lumborum	41



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

% - percentagem

ADF - Fibra insolúvel em detergente ácido

cm – centímetros

DFD – escura, firme e seca

FSH – hormona folículo-estimulante

GnRH – hormona libertadora de gonadotrofinas

H^2 – heritabilidade

INE – Instituto Nacional de Estatística

kg – quilograma

LH – hormona luteinizante

ppm – partes por milhão

ton – toneladas

CIE - International Commission on Illumination

NDF - Fibras em detergente neutro



1. INTRODUÇÃO

O porco Alentejano, é uma raça autóctone com bastante importância não só na região do Alentejo, mas também a nível nacional, devido não só ao reconhecimento pela qualidade da sua carne e produtos cárneos a nível internacional, mas, também, devido à sua utilização otimizada dos recursos naturais presentes no território português (Freitas, 2014).

Tendo em consideração as recomendações da Comunidade Europeia com vista à erradicação da castração cirúrgica de suínos, esta investigação baseou-se na utilização de machos intactos, geralmente considerados como apresentando um maior potencial de crescimento que os castrados e a produção de carne mais magra. No entanto, a utilização de machos intactos abatidos a idades elevadas, como se verifica nos sistemas de produção tradicionais do porco Alentejano, faz com que estes apresentem o característico odor e sabor a macho (induzido principalmente pelos compostos androstenona e escatol) na sua gordura, para além de níveis de agressividade mais elevados que os castrados. Assim, os alimentos e subprodutos para a formulação da ração de engorda experimental, foram selecionados levando em consideração o seu potencial para a diminuição desse odor e sabor, de acordo com o referido na bibliografia em porcos industriais, bem como para a promoção da saúde e bem-estar dos suínos na fase de engorda.

Para os consumidores, a qualidade da carne tem tomado cada vez mais um papel fundamental na hora da escolha, não só a nível das características físico-químicas da carne, como também a nível do odor e sabor da mesma. Deste modo, é essencial investigar como se irá conseguir melhorar a sua qualidade. Um método possível para tal, é através da alimentação, como já vários estudos mostraram. Assim, uma mistura que valorize a utilização de alimentos localmente produzidos e subprodutos da agroindústria, com uma constituição rica em fibra alimentar, permitiria conferir à carne propriedades aproximadas às que se conseguem com suínos acabados em pastoreio, mas mantendo o baixo custo de produção. Este tipo de abordagem promove também a bio-economia circular, envolvendo utilização de (sub)produtos (locais ou não) e valorização de resíduos que podem originar situações de valorização económica no interior do País. Por outro lado, um novo modelo de engorda com rações completas de baixo custo, poderá contribuir para a preservação e sustentabilidade dos recursos genéticos suínos locais como o porco Alentejano, originando nova flexibilidade ao nível dos sistemas produtivos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da Raça Alentejana

O porco Alentejano (AL) é uma raça autóctone, nativa da Península Ibérica e com origem no Tronco Ibérico (Muñoz et al., 2017), sendo explorado em regime extensivo desde tempos remotos, devido à sua perfeita integração nos montados (Freitas, 2014). Naturalmente, a raça Alentejana ocupou um papel importante na produção, comércio e industrialização da carne de porco em Portugal, em particular na região do Alentejo devido à sua otimização do aproveitamento dos recursos naturais presentes na região (Ferreira, 2008). No entanto, a partir da década de cinquenta do século passado verificou-se um declínio da população da raça Alentejana, chegando esta ao limiar da extinção, devido a fatores como a alteração dos hábitos alimentares populacionais, o aparecimento da Peste Suína Africana, o cruzamento indiscriminado de raças exóticas com esta raça autóctone, as mudanças nas políticas agrárias e o aumento do custo de mão de obra, que consequentemente, levou a uma perda de rentabilidade da montanheira (Oliveira, Durão, & Carvalho, 2019).

Na década de 90 houve uma mudança desta situação, com a reforma agrícola comum, que passou a defender sistemas de produção animal ambientalmente corretos, economicamente viáveis e socialmente aceites, levando a um aumento das explorações suínas em modo extensivo (Ferreira, 2008). Simultaneamente, o desaparecimento da Peste Suína Africana da Península Ibérica, associada ao crescente interesse e seguimento da dieta mediterrânea, induziram uma nova procura pela carne suína, levando à criação da Associação de Criadores de Porco Alentejano (ACPA) e da Associação Nacional dos Criadores do Porco Alentejano (ANCPA) (Freitas, 2014). Nesta altura, houve também um aumento do poder de compra dos consumidores, que passaram a procurar produtos cárneos com maior qualidade e ganharam sensibilidade para as questões do bem-estar animal e do impacto ambiental (Ferreira, 2008). Deste modo, apareceu uma nova necessidade de oferecer uma garantia de genuinidade e qualidade dos produtos aos consumidores, que foi garantida com o uso de Denominações de Origem e/ou indicação Geográfica Protegidas (Fernandes et al., 2008). A certificação DOP garante ao consumidor que o produto que está a comprar é originário dessa região, que a qualidade e características dos produtos se devem exclusivamente ao meio geográfico e que as fases de produção ocorrem na área geográfica delimitada. Já a certificação IGP identifica um produto como sendo originário da região, cujas características e qualidade podem ser

atribuídos à localização e que, pelo menos uma das fases de produção ocorre dentro da área geográfica delimitada (Porco Alentejano, 2022).

No seguimento da crise económica de 2008, voltou a verificar-se uma redução do efetivo animal registado no Livro Genealógico da raça, acentuada pelos elevados custos de produção verificados. O efetivo de animais registados passou de 16 392 fêmeas e 2 222 machos em 2008 para 5 254 fêmeas e 363 machos em 2013 (UNIAPRA, citada por Brito, 2014). No entanto, em 2016, já se tinha verificado uma recuperação deste pico decrescente na produção, com o registo de 7 301 fêmeas e 471 machos (Oliveira, Durão, & Carvalho, 2019). O porco AL, passou assim do limiar da extinção no final da década de 90, para o crescimento do seu reconhecimento como raça autóctone e qualidade dos seus produtos em 2020 (Porco Alentejano, 2021). No entanto, este período pós-pandemia parece estar a ser caracterizado por uma nova redução da população desta raça, com um registo de 4 539 fêmeas e 317 machos em 2021 (ANCPA; informação pessoal).

2.1.1 Características da raça

A raça suína Alentejana é caracterizada por ser de corpulência médio-pequena, apresentar um esqueleto aligeirado e uma grande rusticidade, complementada por um temperamento bastante vivo. A cor de pele caracteriza-se por ser de cor preta ardósia, com cerdas raras, finas e de cor preta, aloirada ou ruiva. Em relação à morfologia da cabeça, esta é comprida e fina, de ângulo frontonasal acentuado, orelhas relativamente pequenas e finas, dirigidas para diante, de forma triangular e com ponta ligeiramente lançada para fora. O pescoço é musculado e de médio comprimento. O tronco apresenta-se roliço, de regular capacidade, espádua regularmente desenvolvida, região dorso-lombar de mediano comprimento e largura, um pouco arqueada, ligando-se bem com a garupa. A garupa é também de regular comprimento e largura, pouco obliqua. O ventre é um pouco descaído. O rabo, de média inserção, é fino e apresenta um abundante tufo de cerdas na ponta. As coxas são regularmente descaídas e de mediano desenvolvimento. Os membros são de comprimento médio, delgados e bem aprumados, com pés pequenos e de unha rija. Estes animais são relativamente ágeis (Ferreira, 2008).

Comparativamente às características gerais a nível sexual, os machos apresentam testículos bem salientes do períneo e mediamente volumosos, enquanto as fêmeas caracterizam-se por ter mamilos salientes e regularmente distanciados, com 5 ou mais mamilos de cada lado (Reis, 1995).

Do ponto de vista nutricional, a grande diferença em relação a outras raças, está na qualidade da gordura. Esta apresenta-se bastante insaturada, com perfis de monoinsaturação bastante elevados, relacionados com a redução de doenças cardiovasculares. É um animal de crescimento lento e necessita de mais tempo/idade para possuir estrutura de engorda. Antes de iniciar a montanheira, deve-se apresentar em boa estrutura corporal, com níveis musculares exercitados (ANCPA, s.d.)

2.1.2 Sistemas de Produção

O porco AL pode enquadrar-se, relativamente ao objetivo de produção, em três diferentes tipos de explorações:

- de multiplicação – para produção de leitões e posterior venda;
- de engorda – em extensivo (p.ex. montanheira) ou semi-extensivo;
- de ciclo completo – para produção de leitões e sua engorda.

Relativamente à produção de leitões, esta era realizada tradicionalmente em malhadas, mas atualmente utiliza-se cada vez mais o sistema de “camping” (Charneca et al., 2019). Cada fêmea tem, em média, dois partos por ano, em março/abril (parição de primavera) e setembro/outubro (parição de outono) (SPREGA, s.d.).

Quando os animais são canalizados para a engorda em montanheira, devem apresentar-se com pesos entre os 90 e 110 kg, entre os meses de outubro e novembro. Em montanheira, os porcos AL irão fazer uma alimentação exclusivamente à base de erva e bolota, até atingirem entre 150 e 170 kgs de peso de abate (Freitas, 2014). Este animal omnívoro apresenta uma dieta onde, para além de consumir erva e frutos dos sobreiros e azinheiras, também consome rizomas, bolbos, tubérculos, cogumelos, pequenos roedores, repteis, larvas e insetos (Aparício Macarro, 1988).

Os montados estão historicamente associados à raça suína Alentejana, predominantemente distribuída pela região do Alentejo, como é possível observar na Figura 1. Estes sistemas agro-silvo-pastoris, criados pelo Homem, apresentam como principal recurso alimentar os frutos das árvores. O montado de azinho, constituído por azinheiras,

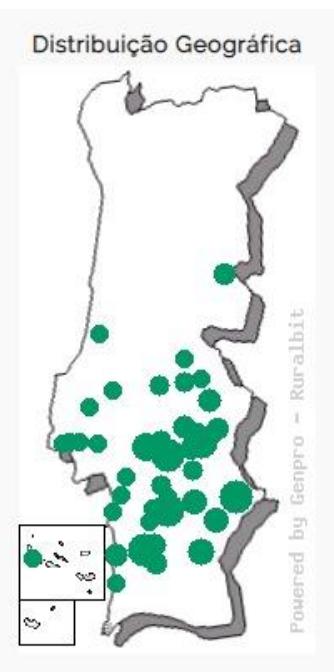


Figura 1 - Distribuição geográfica da produção de porco Alentejano
(Fonte: SPREGA, s.d.)

produz a bolota, e o montado de sobro, formado por sobreiros, produz a lande. Também existem os montados mistos onde subsistem as duas espécies. Quando utilizada, tanto a produção de lande como a produção de bolota revelam ser uma importante fonte de energia para a fase de acabamento do porco AL, complementada pela proteína que é disponibilizada pelas pastagens naturais ou melhoradas dos montados (Freitas, 2011).

O porco AL oferece um contributo muito importante e representativo na utilização dos recursos silvo-pastoris e dos montados alentejanos. Utiliza-os de forma racional, sendo assim esta raça um grande símbolo da planície (Tirapicos, 1998). Nos períodos de maior escassez alimentar, entre os meses de outubro e março, esta raça encontra uma fonte energética e alimentar, através da frutificação da floresta alentejana. A grande capacidade adipogénica do porco AL, é utilizada como reserva nos tempos de maior escassez alimentar (Reis, 1995).

Este sistema de produção de porco AL de montanheira visa proteger e potenciar a raça, valorizar ambiental e economicamente o sistema e evitar que haja desertificação através do enriquecimento da paisagem rural. É importante referir que estes produtos são mais caros a nível de mercado, satisfazendo os consumidores mais exigentes.

A qualidade elevada da carne e dos produtos cárneos desta raça, tais como o presunto e os enchidos, presentes em várias regiões do Alentejo, beneficiam de dominação de origem protegida (DOP) e de Indicação Geográfica Protegida (IGP). Este reconhecimento está associado ao elevado consumo de bolota e lande, que concede aos porcos AL engordados em sistema de montado, um elevado teor em gordura intramuscular e também um perfil característico de ácidos gordos (oleico/linoleico), pela parte de antioxidantes e compostos voláteis presentes na vegetação (Freitas, 2011).

2.2 Importância da produção e do consumo de carne de suínos

A produção intensiva de suínos evoluiu bastante nos últimos anos, devido aos avanços no melhoramento genético, nutrição e sanidade, de modo que o alto padrão da carne suína é proveniente de animais precoces, eficientes e que apresentam carcaças com elevada relação carne: gordura (Oliveira et al., 2017).

A produção mundial de carne suína apresentou um crescimento significativo entre 1961 e 2019. Em 1960 a carne de bovino era ainda aquela que era mais produzida a nível mundial, com 27 682 685 toneladas produzidas. No mesmo ano, a produção de carne suína registava um valor de 24 747 224 toneladas. A partir desta data, a produção mundial

de carne suína foi sempre mais elevada comparativamente com as outras carnes (bovinos, bubalinos, ovinos, caprinos, frango, patos, perus, coelhos). No ano de 2019 a produção desta carne foi ultrapassada pela primeira vez pela produção de carne de frango (110 109 911 e 118 017 161 toneladas, respetivamente), representando estas duas 33,5 e 35,9 % da produção mundial de carne. No mesmo período (1960 a 2019) a produção europeia de carne de suíno, foi sempre superior à das carnes das outras espécies. No ano de 2019, a produção europeia de carne suína foi superior à de carne de frango, representando 46,6 % da produção mundial de carne, ao passo que a de frango representou 30,6 % (FAOSTAT, 2021).

Espelhando o que se verificou a nível europeu, o estudo da evolução da produção de carne em Portugal, entre 1960 e 2019, mostra que a carne suína foi sempre a carne mais produzida, tendo a sua produção aumentado sempre de 1960 até 2010. No entanto, registou-se uma tendência para a estabilização da produção entre 2010 e 2019 (FAOSTAT, 2021). Em 2019, a produção portuguesa de carne atingiu 902 868 toneladas (INE, 2020). A carne de suínos continua a ser a mais produzida no país (Tabela 1), representando 45,7 % da produção total de carne (FAOSTAT, 2021).

Tabela 1 - Estrutura da produção de carne em Portugal – Ano de 2019

Tipo de carne		Quantidade (ton)		Percentagem (%)	
Suíno		387 920		43,0 %	
Animais de Capoeira	Frango	350 250	296 010	38,8%	84,5 %
	Perú		43 730		12,5 %
	Pato		10 510		3,0 %
Bovinos		92 030		10,2 %	
Ovinos		16 740		1,9 %	
Caprinos		1 180		0,1 %	

Fonte: INE (2020)

A evolução do consumo anual *per capita* de carne de suíno em Portugal, é apresentada na Tabela 2.

*Tabela 2 - Evolução do consumo anual *per capita* de carne de suíno em Portugal entre 1991 e 2017*
 Fonte: FAOSTAT (2021)

Anos	Consumo de carne de suíno (kg)
1991/1993	30.0
2001/2003	40.4
2011/2013	42.1
2017	42.0

O consumo anual *per capita* de carne em Portugal, no ano de 2019, foi de 119.1 kg/habitante. Já o consumo anual *per capita* de carne de suíno em Portugal atingiu o valor de 44,3 kg por habitante (tabela 3), sendo em termos percentuais idêntico ao consumo de carne de animais de capoeira (INE, 2020).

*Tabela 3- Consumo anual *per capita* de carne em Portugal – Ano de 2019*

Tipo de carne	Quantidade (kg/hab)	Percentagem (%)
Suíno	44.3	37.2 %
Animais de Capoeira	44.4	37.2 %
Bovino	20.8	17.5 %
Ovino e Caprino	2.4	2.0 %

Fonte: INE (2020)

Os valores apresentados evidenciam um aumento do consumo de carne suína *per capita* até ao triénio de 2011/2013, registando-se depois uma tendência de estabilização entre 2011/2013 e 2017 (FAOSTAT, 2021) (ver Tabela 2), com nova ligeira subida em 2019. Apesar da carne de suíno ser a mais consumida, Portugal só produziu 72 % da carne necessária para satisfazer as necessidades nacionais de consumo em 2019. Este grau de aprovisionamento foi de 70 % em 2017 e 69 % em 2018 (INE, 2020).

Com base nos valores apresentados, podemos concluir que a produção e consumo *per capita* de carne de suíno no Mundo, na Europa e em Portugal é de extrema importância, sendo mesmo na Europa e em Portugal a carne mais produzida e de maior consumo *per capita*.

2.3 Produção de suínos na Europa

Os oito maiores produtores europeus de suínos são, por ordem decrescente, a Alemanha, Espanha, França, Polónia, Dinamarca, Países Baixos, Itália e Bélgica, os quais abatem cerca de 81 % de todos os animais consumidos na Europa. Estes países abatem, em média, respetivamente 58,8, 41,4, 23,9, 20,5, 19,1, 13,8, 13,5 e 11,9 milhões de porcos

por ano. Os pesos médios de carcaça ao abate são agrupados em 4 categorias: inferior a 70 kg (principalmente Grécia e Portugal), 82-88 kg (principalmente Espanha, Polónia, Dinamarca, Reino Unido e Irlanda), 90-95 kg (principalmente Alemanha, França, Países Baixos e Bélgica) e 121 kg (principalmente Itália).

A produção de suíños sempre recorreu tradicionalmente à castração cirúrgica como meio de reduzir a agressividade dos machos e eliminar compostos relacionados com a diminuição da qualidade da carne, gordura e produtos cárneos em suíños intactos, entre outros fatores (Čandek-Potokar e Batorek Lukač, 2015). Sob crescente pressão dos consumidores, a União Europeia (UE) tem trabalhado no sentido de que haja um abandono desse procedimento. De acordo com a Diretiva 2008/120/EC da União Europeia (EU), de implementação voluntária, a castração cirúrgica de leitões só é permitida durante a 1^a semana de vida e após esta, só pode ser realizada sob anestesia e analgesia prolongada. De acordo com dados obtidos até ao fim de 2014, a percentagem de machos intactos produzidos na Europa diferia de país para país. Habitualmente mais de 90% dos porcos nascidos no Reino Unido e na Irlanda são criados como machos intactos, representando anualmente cerca de 6,4 milhões de animais. Em Portugal, Espanha, Grécia e Países Baixos, a produção de machos intactos tem aumentado, sendo que atualmente mais de 60 % dos machos abatidos são intactos. Na Alemanha e em França a produção de machos intactos é de aproximadamente 12 %, e na Dinamarca de cerca de 5 %. Dos países europeus grandes produtores de suíños, a Polónia, a Itália e a Bélgica abatem muito poucos machos intactos. Em Itália, uma das principais razões que levam ao abate de poucos machos intactos é o facto de estes serem abatidos para a produção de presunto, com pesos muito elevados (os denominados “heavy pigs”). Na Bélgica, os produtores dão preferência à criação de animais castrados recorrendo à imunocastração em substituição da castração cirúrgica (Bee et al., 2015). Atualmente, na UE, a castração (por analgesia ou anestesia ou por imunocastração) permanece dominante, tendo sido utilizada em cerca de 31,5 % dos 258 milhões de porcos abatidos em 2020. A produção de machos intactos é estimada em 45 milhões de porcos, ou seja, 17% dos animais abatidos. A imunocastração é responsável por aproximadamente 1% dos abates na EU (van Ferneij, 2022).

A criação de machos intactos, comparativamente, com a criação de machos castrados é mais rentável, porque não existem os custos nem o risco das intervenções cirúrgicas associadas à castração, apresentando também os animais uma melhor conformação da carcaça, com um teor em carne magra mais elevado que o dos castrados (Bonneau, 1998).

Contudo, este tipo de criação torna-se mais exigente para o criador e mais stressante para os animais, havendo o risco do aumento dos níveis de agressividade com o amadurecimento sexual (Prunier et al., 2006). Existe ainda a possibilidade de ocorrência de odor e sabor a macho (odor sexual) na carne, gordura e produtos cárneos de machos intactos, mais premente nos sistemas de produção que recorrem ao abate mais tardio dos animais. O odor e sabor a macho é uma característica que, devido à sua grande variação nos animais abatidos e à variação dos hábitos culinários dos vários países, leva a níveis de aceitabilidade da carne e gordura de animais intactos muito variáveis entre estudos (Malmfors e Lundström, 1983). Assim, a ocorrência de odor e sabor a macho nos porcos comerciais abatidos a pesos normais varia de 10 a 75 % em função da raça, peso de abate, criação e condições de gestão, pelo que a produção de machos intactos requer o rastreio e a triagem das carcaças na linha de abate (Čandek-Potokar e Batorek Lukač, 2015).

Nos últimos anos, foram desenvolvidas várias estratégias para prevenir ou reduzir a ocorrência do odor e sabor a macho. Estas incluem o abate a peso inferior (Bonneau et al., 1987), a utilização de regimes alimentares selecionados (Albrecht et al., 2012) e a melhoria das condições de criação, nomeadamente, ambiente limpo, taxa máxima de ventilação e temperatura controlada, no caso dos animais criados em sistemas intensivos (Hansen et al., 1994; Andersson et al., 2005; Salmon e Edwards, 2006). Estas estratégias pretendem otimizar as vantagens da criação de machos intactos, minimizando as desvantagens inerentes, referidas no próximo capítulo.

2.3.1 Vantagens e desvantagens de criar porcos intactos

A castração evita o odor e sabor a macho, mas os machos intactos ou intactos (machos não castrados) possuem uma melhor eficiência alimentar, uma melhor retenção de azoto e uma maior deposição de carne magra, em comparação com os porcos castrados. Tal resulta normalmente em ganhos económicos significativos para os produtores, processadores, e empresas integradas (Squires e Bonneau, 2014). De acordo com estes autores, os porcos intactos têm uma taxa de crescimento até 13 % superior quando comparada com a dos machos castrados e consomem até 9 % menos de ração, apresentando um índice de conversão alimentar superior, podendo essa diferença ser até 14 %. Os porcos intactos possuem também uma proporção em carne magra até 20 % superior à dos porcos castrados e apresentam uma menor excreção global de azoto no estrume que os castrados. A criação de porcos intactos origina uma redução dos custos de

mão-de-obra por não ser necessária a castração, bem como não apresentam perdas por morte devido a infeções relacionadas com o processo de castração.

A criação de machos intactos apresenta, no entanto, algumas limitações/desvantagens. Criar juntos porcos machos intactos e fêmeas sexualmente maduras não é totalmente viável e alguns produtores têm dificuldade em criar machos intactos (Fontanesi et. al., 2017). Estes, sendo mais agressivos que os castrados, podem estar mais envolvidos em lutas antes do abate, o que pode resultar numa maior incidência de carnes escuras, firmes e secas (“dark, firm, and dry”, DFD) (Bonneau e Lebret, 2010). O menor teor de gordura intramuscular nestes animais, relacionada com a redução da gordura na carcaça, pode ser responsável pela menor tenrura e suculência que por vezes se observa na carne de machos intactos (Bonneau e Lebret, 2010). Assim, porcos intactos não são os mais apropriados para obtenção de produtos cárneos nos quais um maior teor de gordura seja desejável (Fontanesi et. al., 2017). A sua gordura, mais insaturada e com propensão à peroxidação é uma desvantagem para a produção de produtos curados a seco (Bonneau e Lebret, 2010). O odor e sabor a macho é mais provável em situações que envolvam porcos machos mais pesados e/ou abatidos a uma idade mais avançada. Este também é mais facilmente percetível pelos consumidores em produtos com elevado teor de gordura, particularmente se forem cozinhados e/ou consumidos quentes e não incluírem qualquer ingrediente que encubra esse odore sabor (Fontanesi et. al., 2017). No entanto, a presença de menor teor de tecido adiposo nos cortes de carne de machos intactos torna-a potencialmente mais atrativa em termos visuais para os consumidores, existindo algumas referências de que a carne é mais avermelhada e tem uma maior capacidade de retenção de água. Os níveis mais elevados de ácidos gordos polinsaturados na gordura, bem como o teor mais elevado de proteínas em carcaças de machos intactos, podem apontar algumas vantagens nutricionais desta carne para os consumidores, comparativamente com a carne de machos castrados. No entanto, como referido anteriormente, o facto da gordura dos machos intactos ser mais macia e mais sensível à peroxidação, pode afetar negativamente a produção de produtos cárneos, nomeadamente os curados a seco (Squires e Bonneau, 2014).

Por fim, se forem utilizadas raças de suínos magras, os seus machos intactos podem apresentar teor em gordura intramuscular muito baixo, o que pode afetar o sabor e textura da carne, podendo ser motivo de alguma preocupação se for inferior a 2-3 %,

valor mínimo recomendado para que a qualidade sensorial não seja afetada (Squires e Bonneau, 2014).

2.4 Odor e sabor a macho na carne, gordura e produtos cárneos

Como referido anteriormente, o odor e o sabor a macho na carne, gordura e produtos cárneos de suíños resultam principalmente da presença de dois compostos, a androstenona e o escatol. A presença de androstenona é responsável pelo odor a urina na carne, enquanto a de escatol é responsável pelo odor a fezes na carne. Este último é também responsável pelo sabor amargo e desagradável na carne. A contribuição destes dois compostos para o odor e sabor a macho, resulta de uma combinação da sensibilidade dos consumidores aos mesmos e das suas concentrações nos tecidos adiposos dos machos intactos (Bonneau e Lebret, 2010).

São vários os fatores que podem influenciar a produção de compostos associados ao odor e sabor a macho. Os animais hierarquicamente dominantes apresentam geralmente concentrações mais elevadas de androstenona relativamente aos animais que se encontram num nível mais baixo da hierarquia (Fredriksen et al., 2009). No entanto, os níveis de androstenona não resultam diretamente da ordem hierárquica, mas sim da maturidade sexual, e elevados níveis de androstenona potenciam comportamentos de agressão e luta (Zamaratskaia, 2004). A mistura de suíños provenientes de diferentes ninhadas ou o reagrupamento de suíños durante o processo produtivo, com o objetivo de obter grupos uniformes, pode desencadear os comportamentos referidos (European Food and Safety Authority (EFSA), 2004). Em contrapartida, os níveis de agressão não parecem ter qualquer relação com os níveis de testosterona e também não apresentam qualquer correlação com o tamanho dos órgãos sexuais (Zamaratskaia et al., 2005).

2.4.1 A produção de androstenona e escatol em machos intactos

A androstenona é um esteroide produzido principalmente pelas células de Leydig dos testículos, as quais produzem simultaneamente as hormonas anabólicas testiculares (Gower, 1972; Kwan et al., 1985; Patterson, 1968). A produção deste e de outros esteroides testiculares é controlada pelo sistema neuroendócrino, em particular pela hormona luteinizante (LH), cuja produção é por sua vez controlada pela hormona libertadora de gonadotrofinas (GnRH) (Bonneau, 1982). Os níveis de androstenona são baixos em suíños jovens e aumentam gradualmente juntamente com os de outros esteroides testiculares ao ser atingida a maturidade sexual (Gower, 1972; Andresen, 1976;

Bonneau, 1982). Assim, o atingir da puberdade é o estímulo fundamental para a biossíntese da androstenona em machos intactos adultos, via funcionamento das células de Leydig e estimulação do sistema neuroendócrino. A herança genética é também um importante regulador da intensidade da biossíntese da androstenona. Na realidade, varrascos sexualmente maduros com baixos níveis de androstenona no tecido adiposo e níveis de testosterona plasmática e perfis de LH normais, foram identificados há mais de 20 anos (Bonneau et al., 1987).

A androstenona é metabolizada no fígado, originando a formação de dois metabolitos principais, 3α e 3β -androstenol (Sinclair et al., 2005b). Uma parte da androstenona não metabolizada é transportada para a saliva, onde funciona como feromona, e a restante é acumulada no tecido adiposo (Bonneau, 1982). Em suíños sexualmente maduros, a concentração de androstenona depende principalmente da capacidade do porco para produzir e metabolizar este composto (Bonneau et al., 1987).

O escatol é formado a partir do aminoácido L-triptofano no intestino grosso dos suíños. A biossíntese do escatol ocorre num processo com duas etapas, sendo o triptofano primeiro convertido em ácido 3-indol-3-acético, e este posteriormente convertido em escatol (Jensen e Jensen, 1998). A *Escherichia coli* (*E. coli*) e os *Clostridium* spp. são responsáveis pela produção de ácido indol-3-acético, ao passo que os *Lactobacillus* e *Clostridium* spp. convertem-no em escatol (Jensen et al., 1995a). Assim, a quantidade de escatol produzida é regulada principalmente pela quantidade de triptofano presente no intestino e pela composição e atividade da população bacteriana intestinal. A maioria do triptofano utilizado na produção de escatol é obtido a partir das células descamadas da mucosa intestinal, cuja quantidade influencia assim a produção final de escatol (Claus et al., 1994; Claus e Raab, 1999). Parte deste escatol produzido é excretado nas fezes, mas o restante é absorvido através da parede intestinal para a corrente sanguínea. As concentrações de escatol detetadas nas fezes são semelhantes em todas as raças suínas (Dehnhard et al., 1991), mas as concentrações mais elevadas deste composto são normalmente encontradas no tecido adiposo dos machos intactos (Zamaratskaia e Squires, 2009).

O escatol que entra na corrente sanguínea é metabolizado no fígado pelas enzimas do sistema citocromo P450 (CYP450) e aldeído oxidase (Diaz e Squires, 2000a; Diaz e Squires, 2000b). Em suíños com elevada produção de escatol e com baixos níveis de

atividade do sistema CYP450 hepático, serão acumulados níveis elevados de escatol na gordura (Lundström e Zamaratskaia, 2006).

2.4.2 Detecção pelos consumidores do odor e sabor a macho na carne e gordura de suínos

Os níveis de androstenona e escatol na gordura e a intensidade do odor e sabor a macho podem tornar a carne e gordura de suínos inaceitável para os consumidores. A detecção destes níveis, podem variar com o sexo dos consumidores e com os seus hábitos alimentares. No entanto, e de acordo com a bibliografia, em termos gerais o limite mínimo de percepção sensorial para a androstenona varia entre 0,5 e 1 ppm, enquanto para o escatol varia entre 0,20 e 0,25 ppm (Walstra et al., 1999). Essa capacidade de percepção do odor e sabor a macho é mais predominante em mulheres do que em homens. Cerca de 92 % das mulheres são capazes de detetar a androstenona ao passo que só 56 % dos homens o conseguem (Desmoulin et al., 1982).

Em França, os consumidores rejeitaram carne com a presença de 0,5 ppm de androstenona e na Alemanha a mesma quantidade de androstenona foi considerada como muito elevada pelos consumidores (Desmoulin et al., 1982; Bonneau et al., 1993; Ender, 1993). Na Holanda, verificou-se que o nível de rejeição estava relacionado com a presença de 0,75 ppm de androstenona na carne (Walstra et al., 1986). Em Espanha os consumidores não rejeitaram consumir carne de machos intactos com níveis de androstenona na gordura acima de 1,0 ppm, mas em presuntos curados e secos os consumidores detetaram odor e sabor desagradáveis a níveis de androstenona superiores a 0,5 ppm na gordura (Diestre et al., 1990). Por fim, os consumidores irlandeses, do Reino Unido, canadianos e norte-americanos, quando comparados com consumidores espanhóis, franceses, suecos e holandeses, aceitaram mais facilmente carne de suínos machos intactos (Font-i-Furnols & Oliver., 1999).

2.5 Métodos de redução da androstenona e do escatol

2.5.1 Castração cirúrgica

Em machos castrados cirurgicamente, o odor e sabor a macho na carne e na gordura são praticamente indetectáveis, visto a castração remover a fonte de produção de androstenona. No caso de se castrarem os animais quando já atingiram a puberdade, os níveis de androstenona presentes diminuem rapidamente e permanecem posteriormente reduzidos. Por outro lado, a redução dos níveis de escatol também detetada em porcos castrados é um mecanismo ainda não totalmente compreendido. É possível que os

esteroides testiculares tenham um papel importante quer na regulação, quer na produção, quer no metabolismo deste composto (Claus et.al., 1994). Estudos recentes mostram que o aumento dos níveis de testosterona e de androstenona coincidem com a diminuição das atividades do citocromo P450 2E1 e do citocromo P450 2A6, as principais enzimas envolvidas no metabolismo do escatol (Zamaratskaia, 2004).

A castração cirúrgica é ainda praticada na maior parte dos países da Europa. No entanto, em países como Portugal, Espanha, Reino Unido, República da Irlanda e Grécia, a castração cirúrgica de leitões abrange menos de 20 % do efetivo total, ao passo que na Bélgica e na Holanda situa-se entre 20 e 80 %. Os países onde a castração cirúrgica de leitões é superior a 80 % e é realizada com anestesia (local ou geral) e analgesia prolongada, são a Islândia, a Noruega, a Suécia, a Finlândia, a Dinamarca, a Alemanha, a Suíça e a Áustria. Por fim, se a castração cirúrgica for realizada antes dos 7 dias de idade, esta pode ser executada sem anestesia e analgesia. Os países que realizam castração cirúrgica em mais de 80% dos leitões utilizando esta técnica são a França, Itália, Eslovénia, República Checa, Eslováquia, Hungria, Polónia, Lituânia, Letónia e Estónia (Backus et. al., 2018).

Uma derrogação à Diretiva 2008/120/EC foi introduzida pela European Declaration on Alternatives to Surgical Castration of Pigs (2010), para a carne de suíno produzida para consumo em fresco ou para a produção de produtos tradicionais de alta qualidade e detentores de denominações de origem (DOP, IGP ou ETG), referindo que, para cumprir as normas de qualidade atuais, estas produções podem continuar a castrar leitões.

Concluindo, podemos dizer que a castração cirúrgica permite a eliminação total da androstenona, o que conduz à diminuição da agressividade e monta por parte dos animais castrados. Este método, no entanto, tem custos elevados devido a uma maior utilização de mão-de-obra especializada, bem como à necessidade de utilização de anestésicos e analgésicos. Os animais, para além de serem submetidos a uma intervenção cirúrgica dolorosa, correm o risco de infecção e em casos extremos de morte. Estes animais apresentam ainda uma menor eficiência alimentar, a sua carne apresenta um maior teor de gordura e produzem uma maior excreção global de azoto no estrume.

2.5.2 Imunocastração

As alternativas diversas à criação de porcos machos castrados estão a ser avaliadas cada vez mais, com o fim de evitar ou reduzir o odor e sabor a macho, bem como o comportamento agressivo dos animais intactos. Assim, a imunização ativa contra a

GnRH, a chamada imunocastração, tem sido considerada uma alternativa atrativa à castração cirúrgica (Zanata et al., 2019). O uso desta técnica tem vindo a aumentar a nível mundial, com cerca de 1,3 milhões de suínos industriais a serem vacinados todos os meses com recurso à vacina Improvac® (Zamaratskaia e Rasmussen, 2015).

A imunocastração consiste na utilização do sistema imunológico do suíno com vista a impedir a libertação GnRH e assim interromper o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal. Esta técnica leva à produção de anticorpos que bloqueiam os efeitos da GnRH na hipófise, levando à diminuição da produção e libertação das hormonas luteinizante (LH) e folículo-estimulante (FSH). Esta diminuição origina uma redução do desenvolvimento dos testículos e da síntese das hormonas testosterona e androstenona (Pauly et al., 2009). A administração da vacina pode, no entanto, levar a perturbações na homeostase hormonal do animal. Pode também causar efeitos adversos noutros tecidos para além dos testículos. Um estudo realizado sugeriu que a imunização contra a GnRH pode causar danos nos tecidos do hipotálamo (Molenaar et al., 1993).

A imunocastração ou castração imunológica é cada vez mais utilizada em diversos países para reduzir o odor e sabor a macho. Em relação à saúde e bem-estar animal, o uso da vacina é menos prejudicial para o animal que a castração cirúrgica sem anestesia e analgesia. No entanto, até à administração da segunda vacina, os porcos imunocastrados primovacinados apresentam comportamentos iguais aos porcos machos intactos, o que leva a apresentarem um comportamento agressivo crescente (Rydhamer et al., 2010; Andersson et al., 2012). Após a segunda vacinação, os comportamentos agressivos e as montas sucessivas vão-se reduzindo até atingirem o nível de porcos castrados (Karaconji et al., 2015). Esta segunda dose já induz uma forte produção de anticorpos, que irá provocar uma supressão temporária da função testicular (Zamaratskaia et al., 2008a; Zamaratskaia et al., 2008b; Scheid et al., 2014). É importante referir que pode ser necessário uma dose adicional para animais mais pesados, abatidos com 14 ou mais meses de idade, de modo a assegurar a inativação eficiente da GnRH endógena e a eliminação do odor e sabor a macho (Bilskis et al., 2012).

Na realidade, os protocolos de imunocastração existentes foram desenvolvidos em raças modernas, com ciclos de produção curtos. Tais protocolos não são eficazes quando aplicados a suínos abatidos com maior peso e idade (Zamaratskaia e Rasmussen, 2015) como é o caso das raças autóctones. No porco Ibérico (IB), geneticamente semelhante ao AL (Muñoz et al., 2018) apenas um protocolo pós-púbere mostrou 100 % de eficácia.



No caso da vacina Improvac®, em raças modernas, a administração da primeira dose deve ser normalmente entre as 17 e 18 semanas e a da segunda dose entre as 21 e 22 semanas, para animais abatidos por volta das 26 semanas de idade. O motivo de se realizar a imunocastração só na fase de acabamento é para se conseguir obter todo o potencial de crescimento do animal até ser administrada a segunda dose da vacina (Brunius et al., 2011).

A eficácia da imunocastração pode ser detetada através da avaliação dos compostos de odor e sabor a macho na carne. Esta pode ser feita por análise química, mas este método pode ser muito invasivo. O mais usual é avaliar o peso e o tamanho dos testículos e das glândulas bulbouretrais, que diminuem significativamente com a imunocastração (Zamaratskaia et al., 2008a). A medição seminal pode-se tornar o método mais eficaz para detetar animais que não ficaram devidamente imunocastrados (Bonneau, 2010).

A imunocastração permite uma redução significativa dos níveis de androstenona, o que induz alguma redução da agressividade e da monta por parte dos machos imunocastrados. Os custos deste método são muito mais reduzidos quando comparados aos da castração cirúrgica e é um método de fácil aplicação, mais seguro, mais rápido, não há risco de infecção e o animal não é submetido ao sofrimento. A administração da segunda dose da vacina 4 a 5 semanas antes do abate permite o aproveitamento de todo o potencial de crescimento dos machos imunocastrados que apresentam uma eficiência alimentar semelhante à dos machos intactos e a sua carcaça apresenta um maior teor de carne magra. O impacto ambiental também é reduzido dado que a maior excreção global de azoto no estrume tem uma menor duração. No entanto, a imunocastração pode não funcionar em alguns animais e, em animais de maior peso é necessária a aplicação de uma 3^a dose da vacina. Por outro lado, conforme referido por Prunier et al. (2006), a carne de animais imunocastrados não é aceite por todas as indústrias de produção de produtos cárneos, e pode existir rejeição por parte do consumidor, devido ao facto de os consumidores não estarem relativamente convencidos sobre a utilização de uma hormona como antigénio. Este, não é específico da espécie e pode ser ativo no ser humano se ocorrer autoinjecção, no momento da vacinação.

2.5.3 Seleção genética

Atualmente, nenhuma raça pode ser considerada isenta de apresentar odor e sabor a macho nos machos intactos pós-puberdade. Em geral, as raças Hampshire e Duroc apresentam níveis mais elevados de androstenona. Nas raças Landrace, Yorkshire ou

Large White, as diferenças são inconsistentes, uma vez que podem apresentar níveis de androstenona baixos, médios ou elevados. Estudos recentes mostraram que, ao comparar as raças Large White e Landrace Alemã criadas em condições idênticas, a primeira apresentou valores médios mais elevados de androstenona e escatol (Brinke et al., 2020). Por outro lado, quando são comparados a um mesmo peso corporal, por exemplo a cerca de 100 kg de peso vivo, os animais da raça Duroc apresentavam níveis mais elevados de androstenona e níveis menores de escatol que os Landrace (Oskam et al., 2010; Grindflek et al., 2011; Andersen-Ranberg et al., 2018).

Na figura 2, estão representados os níveis médios de androstenona e escatol nas diferentes populações de raças puras e seus cruzamentos.

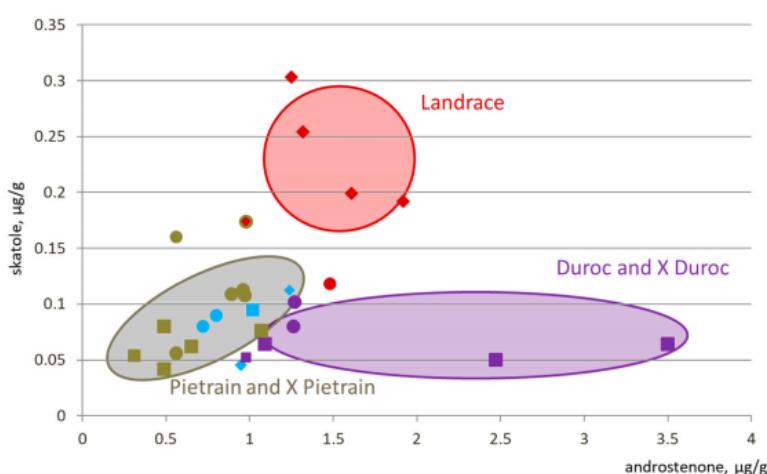


Figura 2 - Níveis de androstenona e escatol em diferentes raças e populações cruzadas

(Notas: quadrado = linha paterna, diamante = linha materna, círculo = cruzado; cor para a raça: bege = Pietrain, vermelho = Landrace, azul = Yorkshire ou Large White; roxo = Duroc; para cruzado, a cor da linha paterna) (Fonte: vários autores, citados por Lazul, 2021).

Os cruzamentos de Pietrain são os que apresentam menor ocorrência de odor e sabor a macho na carne, comparativamente com as outras raças. Relativamente ao cruzamento de raças Duroc, estes tendem a obter níveis mais altos de androstenona e um nível mais baixo de escatol. Assim, as linhas de reprodutores apresentam menor risco de conterem odor e sabor a macho do que as raças cruzadas (Windig et al., 2012). A falta de informação sobre algumas raças, principalmente raças autóctones, exige um esforço maior no ramo da investigação para se tentar perceber melhor, como a seleção genética poderá afetar as raças autóctones a nível do odor e sabor a macho (Frieden et al., 2012).

A heritabilidade do odor e sabor a macho apresenta valores entre $h^2=0.13$ e $h^2=0.91$, com uma heritabilidade média de $h^2 = 0,54$. Estudos sobre o determinismo genético

referente ao odor e sabor a macho incidem principalmente na heritabilidade dos compostos androstenona e escatol e na relação genética entre estes compostos. A heritabilidade média do teor de androstenona foi estimada em 0.54, variando entre 0.25 e 0.88 (Ciobanu et al., 2011), mas a heritabilidade do teor de escatol é inferior, variando entre 0,19 e 0,54 (Robic et al., 2008). A maioria das estimativas encontra-se no intervalo entre 0,4 e 0,6 para a androstenona e entre 0,3 e 0,6 para o escatol (Larzul, 2021).

A primeira tentativa para comprovar se a seleção genética para diminuir o odor e sabor a macho seria eficaz, foi realizada experimentalmente numa população de Landrace por Jonsson e Andresen (1979), sendo que alcançaram com êxito a diminuição do odor e sabor a macho na gordura dorsal. Com esta experiência, foi possível confirmar que a diminuição do teor de androstenona seria eficiente, mas atingia um limite de redução, tornando-se impossível eliminar totalmente a sua presença (Willeke et al., 1987).

Segundo Larzul (2021), a redução do odor e sabor a macho é, neste momento, um tema bastante crucial para a produção e reprodução dos suíños. Estima-se que a incidência do mesmo, poderá ser reduzida de 30 para 10%, em menos de 5 anos, pelo que se torna um método demorado e a longo prazo. Assim, a seleção genética permite obter redução significativa dos níveis de androstenona, e segundo Dugué, et al. (2020), sem prejudicar o desempenho zootécnico nem a qualidade da carne. Por outro lado, a morosidade e a baixa eficácia deste método tornam-no menos atrativo em termos de produção pecuária.

2.5.4 Alimentação

O teor de escatol que é armazenado no tecido adiposo depende de vários fatores, nomeadamente da taxa de produção do escatol, da duração do trânsito intestinal, da absorção intestinal e do metabolismo hepático. No entanto, a maioria destes fatores podem ser alterados com modificações na composição da dieta dos animais. Todavia, a ação dos componentes dietéticos a nível da produção de escatol ainda é uma área a ser investigada (Zamaratskaia e Squires, 2009).

Os mecanismos de absorção do escatol no intestino ainda não estão completamente identificados, mas sabe-se que esta poderá ser afetado pela dieta. e vários estudos já comprovaram que a inclusão de certos hidratos de carbono na dieta terá um impacto na função intestinal. Os hidratos de carbono não digeridos permitem uma redução da taxa de absorção de escatol no intestino, uma vez que aumentam o peso fecal húmido e seco (Wang et al., 2004) e diminuem o tempo de trânsito intestinal (Drochner, 1993). Ainda que não se saiba muito sobre o processo de absorção do escatol no intestino, já foi

concluído que a quantidade de escatol absorvido depende essencialmente da quantidade de água e do tempo do trânsito intestinal (Jensen e Jensen, 1998).

Por outro lado, ao incluir fécula de batata crua ou inulina (fibra solúvel não digerível) de chicória na dieta dos suínos, ocorre uma redução dos níveis de escatol nos tecidos e nas fezes nos animais, pelo que se pode concluir que a fermentação dos hidratos de carbono pela microflora do colón tem implicações importantes a nível da saúde do animal e qualidade a carne (Claus et al., 2003; Rideout et al., 2004; Whittington et al., 2004; Zamaratskaia et al., 2005; Hansen et al., 2006; Chen et al., 2007). A fécula de batata crua, bem como a inulina e os fruto-oligossacáridos, não é digerida pelo intestino delgado, sendo fermentada por bactérias intestinais com a produção de ácidos gordos de cadeia curta (Claus et al., 2003) e, portanto, pode expressar um efeito análogo na biotransformação do triptofano (Chen et. al., 2007). Num estudo realizado por Lösel e Claus (2005) foram alimentados 3 grupos de animais com 20, 30 e 40% de fécula de batata crua na dieta. Verificou-se que os níveis de 30 e 40% de fécula de batata crua diminuíram significativamente o nível de formação e acumulação de escatol no intestino grosso e também no tecido adiposo dos machos e marrãs. No entanto, constatou-se que 25 % de fécula de batata crua na dieta não induziu qualquer efeito na formação de escatol, provavelmente porque foram utilizadas altas temperaturas no processo de peletização (83 °C), o que provocou a gelatinização da fécula de batata crua (fécula de batata torna-se totalmente gelatinizada a 69 °C) levando a uma diminuição do amido disponível para ser fermentado no intestino grosso (Øverland et al., 2011).

Relativamente aos fruto-oligossacáridos, verificou-se que, em concentrações de 0,5, 1,0 e 1,5 % podem reduzir a conversão *in vitro* de L-triptofano (Xu et al., 2002). Noutro estudo, investigou-se o efeito de inclusão de 10 % da polpa de beterraba sacarina, de bolo de coco, de bolo de palma, de tremoço, de farinha de casca de cevada e de fruto-oligossacáridos relativamente à redução das concentrações de escatol no sangue. Obtiveram-se resultados significativos com os tremoços e os fruto-oligossacáridos (Jensen et al., 1997). Também é importante referir que se verificou que a levedura de cerveja é um componente alimentar que pode aumentar a concentração de escatol no intestino grosso e no toucinho (Jensen et al., 1995b).

Como alimento rico em hidratos de carbono não digeríveis, a chicória pode ter um efeito positivo na redução da concentração do escatol, quer no sangue, quer na gordura dorsal dos suínos (Hansen et al., 2008). Vários estudos têm demonstrado que a inulina obtida da chicória, a uma percentagem na dieta de 5 (Rideout et al., 2004) e 14 % (Hansen

et al., 2006) é eficaz na diminuição da concentração de escatol no intestino grosso. Também foi demonstrado que alimentar porcos machos com 9 % de chicória duas semanas antes do abate diminuía o escatol no toucinho dorsal, reduzindo-o ao nível de porcos castrados (Zammerini et al., 2012). O fornecimento de inulina de chicória em quantidades ainda mais baixas (3, 6, e 9 %) reduz consideravelmente o escatol nos órgãos digestivos e nos tecidos adiposos dos porcos machos (Kjos et al., 2010). Tal pode ser explicado pelo facto de a inulina de chicória reduzir o número de *Enterococcus* spp. que são importantes para a produção do aminoácido L-triptofano no cólon (Bilić-Šobot et al., 2014).

Devido ao contínuo crescimento da preocupação dos consumidores com o sofrimento animal, os métodos mais invasivos e dispendiosos como a castração e a imunocastração tornam-se mal vistos aos olhos do comprador final, pelo que existe uma possibilidade de investigação para encontrar um método de redução do odor e sabor a macho através da alimentação. Segundo a bibliografia, a alimentação com o recurso a dietas ricas em hidratos de carbono não digeríveis parece permitir a redução eficaz dos níveis de escatol, não afetando o crescimento dos animais. No entanto, os resultados positivos obtidos foram-no em raças comerciais, não havendo dados sobre raças autóctones. Por fim, ainda não há certezas quanto à sua eventual influência nos níveis de androstenona.

2.6 A utilização de alimentos de produção local e de subprodutos na produção suína

A alimentação é o fator de produção com custo mais elevado nos sistemas de produção de suínos, pelo que é determinante para a rentabilidade e a sobrevivência das explorações. Centenas de alimentos estão disponíveis em todo o mundo para formular dietas balanceadas para todas as fases do ciclo de vida do suíno. Como todos os animais de interesse zootécnico, este animais precisam de aminoácidos, energia, vitaminas e minerais, e não de qualquer alimento específico para demonstrarem um crescimento e produção normais (Thaler e Holden, 2001). A quantidade adequada de ingredientes numa dieta suína depende de muitos fatores, incluindo qualidade da proteína, perfil aminoácido, nutrientes, palatibilidade, vida de armazenamento e custo. Além disso, a idade dos porcos aos quais a dieta deve ser fornecida, o local de produção dos ingredientes e, às vezes, a presença de elementos antinutricionais também podem ter influência (Ikram et al., 2021). Regra geral, a utilização de fórmulas de menor custo que atenda às necessidades nutricionais do porco, será uma abordagem racional (Thaler e Holden, 2001). Por outro lado, a crescente consciencialização das populações sobre as mudanças climáticas e o

impacto de nossos hábitos no meio ambiente levaram a um aumento das questões sobre sustentabilidade no interesse público nos últimos anos (Egea et al., 2021). Por isso, a formulação de dietas suínas depara-se hoje em dia com uma nova era de tomadas de decisão com vista à promoção de sistemas de produção de carne suína de baixa emissão de carbono. Subprodutos de processos agroindustriais que são muitas vezes classificados como resíduos, podem então ser reutilizados no âmbito da bio-economia circular. Tais práticas permitem o aumento da eficiência de utilização dos recursos, acreditando-se que tal acelere os objetivos do desenvolvimento sustentável (Ikram et al., 2021).

A atividade pecuária ocupa cerca de 75 % da terra arável, consumindo cerca de 35 % da produção mundial de cereais e produzindo cerca de 14,5 % das emissões antropogénicas de gases de efeito estufa. Com as previsões de que a procura de carne e leite aumente 60 % até 2050, a necessidade de reduzir a pegada ambiental da produção pecuária é cada vez mais importante. No caso particular da produção de monogástricos, esta compete por alimentos de forma acentuada com o Homem. Assim, ao utilizar alimentos consumidos em pastoreio, alimentos produzidos localmente ou subprodutos das agroindústrias (por exemplo os obtidos nas indústrias de moagem de grãos, panificação, fabricação de cerveja e destilação, processamento de frutas e vegetais) a produção de monogástricos ganha sustentabilidade (Thaler e Holden, 2001; Mottet et al., 2017).

A criação dos porcos AL baseia-se essencialmente em sistemas extensivos e semi-extensivos, com um período de alimentação ao ar livre obrigatório quando se pretendem obter produtos DOP e IGP. No entanto, esta raça é cada vez mais criada em sistemas semi-extensivos, onde a maioria dos animais em crescimento recebe alimentos equilibrados e concentrados, para melhorar e padronizar o seu desempenho e produtividade (Charneca et al., 2019). Nos sistemas extensivos, as dietas disponíveis são normalmente desequilibradas, regra geral com uma proporção baixa de proteína para o conteúdo energético que fornecem. Associado à influência do genótipo, este tipo de alimentação proporciona um crescimento animal lento, dando origem a carne com elevada gordura intramuscular, maciez e suculência. A fase de acabamento dos AL criados em sistemas tradicionais é caracterizada pelo consumo de grandes quantidades de alimentos ricos em amido, como a bolota ou a castanha, pastoreados pelos animais em regime silvo-pastoril. O crescimento compensatório que acontece nesta fase dá origem a uma elevada acumulação de gordura inter e intramuscular (Aparicio Macarro, 1988; López-Bote, 1998; Freitas, 2011 e 2014).

Os subprodutos agroindustriais, nem sempre são os mais eficientes. Estes vão depender dos diferentes processos tecnológicos aplicados, podem conter teores de humidade elevados e por outro lado, podem não ser muito fidedignos devido à falta de informação sobre a origem e processamento. Muitos subprodutos disponíveis são provenientes das indústrias lácteas e seus derivados, das padarias, doces, álcool, indústria da batata, da soja, frutos secos, etc (Llanes y Gozzini, 2013). De modo a que o desempenho produtivo dos animais não seja comprometido, deve-se de incluir no máximo 15% da dieta com subprodutos, uma vez que geralmente apenas existe uma estimativa do seu valor nutricional calculado a partir da meteria seca (de Lange et al., 2006). Assim, é importante a existência de ensaios em animais para determinar e avaliar a sua digestibilidade, palatibilidade, rendimento e riscos potenciais, mas também calcular os níveis máximos de inclusão de cada subproduto. (Boucqué e Fiems, 1988). Existem estudos no sentido de investigar, a utilização de diversos subprodutos em suínos de raça comercial. Um exemplo, foi a substituição de milho por farelo de arroz integral, que levou a uma melhoria do ganho médio diário e do peso da carcaça final, sem influência negativa nos outros parâmetros da carcaça (Hurtado Nery et al., 2010).

Num sistema produtivo em que o acabamento do porco AL se faça com recurso a dietas alternativas baseadas em ingredientes de produção local e/ou subprodutos agroindustriais, podem-se obter carne e produtos cárneos mais económicos. Estas dietas apresentam a vantagem de poder substituir ou complementar o acabamento a bolota ou a castanha quando estes alimentos não estiverem disponíveis ou forem escassos. Assim, é importante compreender melhor as relações entre novas dietas e a qualidade da carne. Um elemento chave neste contexto é a possibilidade de recorrer a alimentos fibrosos, que os porcos em fase de acabamento utilizam com eficiência. Apesar dos efeitos da fibra dietética variarem muito devido às suas diferentes fontes e à variedade e complexidade de suas estruturas químicas (Wenk, 2001), vários estudos em suínos de raças industriais anteriormente referidos demonstraram a eficácia de certos constituintes da fibra, nomeadamente a inulina e a pectina, na redução do odor e sabor a macho em suínos intactos. Por outro lado, a não castração destes animais para influenciar positivamente o seu bem-estar, poderá ter efeitos na qualidade da sua carne, os quais estão ainda pouco estudados. Assim, convém avaliar até que ponto se podem utilizar alimentos completos com a finalidade de controlar o odor e sabor a macho nas raças autóctones, sem afetar significativamente essa qualidade.

2.7 Características físico-químicas da carne (*Longissimus lumborum*)

2.7.1 Humidade

Uma medida de qualidade de carne muito frequente é o teor de humidade, uma vez que este é fundamental na determinação da suculência da carne, mas também pela sua grande influência na textura e sabor da mesma (Leite et al., 2015). Quanto maior for a atividade do músculo, maior a quantidade de água existente nele e como consequência, menor teor de gordura (Goulart, 2013).

A humidade pode ser definida em três componentes da água no tecido muscular, nomeadamente, água ligada, água imobilizada e água livre. A primeira encontra-se numa forte ligação a grupos hidrofílicos em macromoléculas, sendo independente do stress mecânico ou de mudanças macroestruturais, mas também resistente ao congelamento ou aquecimento. A água imobilizada é o componente predominante da água e encontra-se presa na rede miofibrilar ou entre os filamentos. Por último, a água livre encontra-se no espaço entre os feixes de fibras, sendo dependendo da força capilar. Os processos de congelamento e aquecimento provocam uma alteração de água imobilizada para água livre, causando danos mecânicos que reduzem a capacidade do músculo reter água e enfraquecem a ligação do músculo à água, e consequentemente afetando o teor de humidade no músculo (Zhang et al., 2017).

2.7.2 Proteína total

As proteínas são o segundo constituinte mais importante da carne após a água, e, para além de se encontrar relacionada com características da carne como a cor, a diminuição da perda de água e a força de cisalhamento, as proteínas também estão envolvidas nos mecanismos bioquímicos (Kwasiborski et al., 2008).

A nível de solubilidade, as proteínas podem ser classificadas em: proteínas solúveis em soluções salinas diluídas nas quais podemos incluir a mioglobina que é o principal pigmento da carne; proteínas solúveis em soluções salinas concentradas, que apresentam um papel importante não só na contração muscular, mas também nas modificações *pos-mortem*; e proteínas insolúveis em soluções salinas concentradas. As propriedades de suculência da carne são determinadas principalmente pela solubilidade das proteínas (Roça, 2000).

O teor de proteína na carne é influenciado pela alimentação, sendo que uma maior presença de proteína e aminoácidos na dieta, aumenta o valor de proteína total no músculo (Goulart, 2013).

2.7.3 Colagénio total e solúvel

Um dos fatores que mais contribui para a textura da carne é a presença de tecido conjuntivo, principalmente constituído por colagénio, que forma uma matriz estrutural que dá forma e suporte para os componentes celulares do músculo (McCormick, 1994). O colagénio relaciona-se diretamente com o fator consistência, ou seja, o endurecimento da carne, do músculo *post mortem*, mais concretamente a sua fração solúvel. A sua percentagem poderá variar entre 1 e 15% da matéria seca do músculo. Por outro lado, o colagénio não é afetado pelo valor de pH, ainda que este tenha um papel importante nas características físico-químicas da proteína (Mera, 2016).

O colagénio é constituído por glicina, prolina e hidroxiprolina, sendo este o principal constituinte, chegando a 14 % da sua matéria seca (Etherington & Sims, 1981), pelo que a determinação do colagénio é feita através da quantidade deste aminoácido, presente nas suas formas solúveis e insolúveis (Feiner, 2006). No entanto, a idade do animal afeta o conteúdo total de colagénio no sentido em que aumenta o número de ligações estáveis entre as moléculas, concedendo-lhe insolubilidade. A solubilidade irá influenciar, não só a tenrura da carne, mas também a sua retenção de água e tempo de cozedura, sendo um fator benéfico para a qualidade desta (McCormick, 1994).

2.7.4 Lípidos totais

Os lípidos musculares são constituídos por lípidos de reversa, nomeadamente colesterol e triacilglicerois, e por lípidos estruturais, nomeadamente fosfolípidos, sendo que estes correspondem apenas a 0,5 a 1% da massa muscular (Tortora e Derrickson, 2009). Por sua vez, os lípidos de reversa ou de depósito podem ser divididos em intermusculares, que se acumulam na bainha de tecido que envolve cada músculo individual, e em intramusculares, fazendo parte da estrutura muscular, pois encontram-se no seguimento das laminas de tecido conjuntivo que penetram no músculo para envolver os feixes de fibras (Geri, 1988). Os lípidos intramusculares incluem também os lípidos que se encontram nas células adiposas contíguas às fibras musculares (Lefaucheur, 1989). Os adipócitos tornam-se maiores e mais numerosos com a deposição de gordura, ficando visíveis numa seção de corte de músculo, que é conhecido por marmoreado (Allen e Foegeding, 1981).

Segundo Cobos e colaboradores (1994), o conteúdo lípido presente no músculo pode variar entre 1,5 e 13%. A raça Alentejana costuma apresentar conteúdos elevados de lípidos intramusculares devido ao seu carácter adipogénico, mas também devido às características do sistema de produção, que inclui um regime alimentar de engorda muito energético e idades e pesos ao abate elevados (Neves, 1998). Esta raça exibe também uma baixa capacidade de deposição de músculo na carcaça, a qual, associada à excessiva alimentação energética na altura da engorda, leva a uma deposição predominante sobre a forma de gordura quer no tecido adiposo quer nos músculos (Teixeira e Rodrigues, 2013).

2.7.5 pH

Um dos principais fatores que explica as variações da qualidade tecnológica e que contribui para a determinação das qualidades organoléticas do tecido muscular é a evolução do pH após a morte (*post mortem*) (Monin, 1981).

Durante a vida do animal, o pH segue um valor aproximado da neutralidade, cerca de 7,2. Após o abate do animal, o músculo fica privado do transporte de oxigénio e nutrientes, bloqueando a síntese de ATP e obrigando à utilização das reservas de energia para sintetizar ATP, de modo a manter a temperatura e integridade estrutural. Assim, com a diminuição dos níveis de ATP, vai se formando fosfato inorgânico, que irá estimular a utilização de glicogénio com a formação de ácido lático (Leite et al., 2015). A acumulação de ácido lático provoca o decréscimo do pH muscular até ao fim das reservas de glicogénio ou até à inativação das enzimas glicolíticas, e o *rigor mortis*, que ficará o valor de pH final (Da Cruz, 2013).

Quando a descida do pH ocorre bruscamente antes da descida de temperatura da carne, origina-se uma carne PSE (pale, soft, exsudative), devido à desnaturação parcial das proteínas, que provoca a perda de capacidade de retenção de água das fibras musculares e aumenta o exsudado na superfície da carne (Lawrie, 2006). Por outro lado, a sujeição a períodos prolongados de stress, fadiga e hipertermia antes do abate, leva a um esgotamento do glicogénio nos músculos, provocando uma quebra brusca no teor de ATP muscular pós-abate e uma baixa acumulação de ácido lático. Desta forma o pH final é elevado, com uma baixa desnaturação das proteínas, originando uma carne DFD (“dark, firm, dry”) (Santoro, 1988).

De acordo com Neves (1998), não foram registados casos de carnes PSE em suíños de raça Alentejana, podendo isto ser atribuído à marcada rusticidade e carácter

acomodatício desta raça. Por outro lado, as carnes DFD já têm alguma presença na raça, pois ainda que tenha uma tendência a ter uma menor reação ao stress crónico, as condições de transporte e sacrifício dos animais provocam frequentemente um esgotamento do glicogénio e consequentemente um pH mais elevado.

2.7.6 Cor

A cor da carne é definida pelos pigmentos de mioglobina existentes nos músculos, podendo a sua quantidade variar de acordo com a espécie, sexo, idade, localização do músculo e atividade física, sendo que quanto maior a sua quantidade mais intensa será a sua cor (Sarcinelli, 2007). De facto, segundo Huertas (1990), a coloração escura que é característica da carne do suíno Alentejano, pode ser justificada pela elevada quantidade de mioglobina, devido ao intenso exercício físico realizado durante o pastoreio e ciclo de produção.

A mioglobina é uma proteína formada por uma porção proteica, chamada de globina e uma parte não proteica, o grupo heme (Roça, 2000), sendo que a sua funcionalidade e sensação de cor é determinada pela ligação que ocorre na sexta posição da coordenação do ferro (Sarantópoulos e Pizzinato, 1990).

A forma química da mioglobina vai ser a principal influência na cor da carne. Quando se encontra em estado reduzido ou ferroso, temos a desoximoglobina, que proporciona uma cor vermelho purpura. Nesta forma, o ferro pode ligar-se com o oxigénio, criando a oximoglobina e proporcionando uma cor vermelho brilhante. No entanto quando, em estado reduzido, o ferro oxida e é obtida a metamoglobina, que proporciona uma cor castanha (Shikama, 1990).

Por outro lado, a evolução do pH também é um fator determinante da coloração, uma vez que afeta a estrutura da superfície da carne e, portanto, influencia a proporção de luz refletida. Se o valor do pH permanecer elevado, as fibras proteicas são penetradas pelos raios luminosos, absorvendo parte deles e proporcionando uma cor mais escura. Se o valor de pH for superior a 6, as mitocôndrias continuam a funcionar e a consumir oxigénio, prevenindo uma oxigenação intensa da mioglobina, pelo que esta permanece na sua forma reduzida. No entanto, se o pH descer muito, vão ocorrer modificações estruturais nas proteínas, diminuindo assim a difusão da luz na carne e oxidando a mioglobina, pelo que a carne irá apresentar um aspeto pálido, característico de carnes exsudativas (Girard e Brucharles, 1985).



Em termos psicofísicos, a cor da carne pode ser definida pelo brilho (luminosidade – L^*) que depende da quantidade de luz refletida pela superfície, pelo ângulo de tono (tonalidade – $H^o = \text{arctg}(b^*/a^*)$) determinado pelo comprimento de onda da luz refletida que descreve a cor vermelho/verde (a^*) e amarelo/azul (b^*), pela cromaticidade ($C = (\sqrt{a^{*2} + b^{*2}})$) que manifesta a concentração das substâncias corantes no objeto ou por outras palavras, a intensidade da cor, e pela saturação (C^*/L^*) que expressa a proporção de cor pura em relação ao seu brilho (MacDougall, 1984).



3. OBJETIVOS

No âmbito do projeto “ECO-PIG - Desenvolvimento de uma mistura alimentar inovadora para acabamento de machos de raças de suínos autóctones, ao ar livre, com benefício para a qualidade da carne e para a sustentabilidade do Sistema”, realizou-se um ensaio experimental com o objetivo se estudar e criar-se condições para que fosse estudado o efeito da utilização de machos intactos e de uma mistura alimentar com inclusão de alimentos localmente produzidos e subprodutos agroindustriais nos parâmetros de carcaça e qualidade de carne da raça suína Alentejana.

Este estudo teve como objetivo a obtenção dos parâmetros relacionados com o crescimento e desenvolvimento dos animais, através de dados de carcaça e análises realizadas nas amostras de *Longissimus lumborum*, nomeadamente a nível da humidade, cinzas, pH, perda de água por gotejamento, mioglobina, colagénio total, cor, proteína total e lípidos totais. A análise dos resultados obtidos e a sua discussão permitirá contribuir para a caracterização da qualidade das carcaças e da carne de suínos machos castrados e intactos criados com base em consumo de rações comerciais ou experimentais. Ao comparar com dados da bibliografia, tentar-se-á caracterizar potenciais efeitos da utilização de machos intactos e da ração experimental nas peças de carcaça e nas características físico-químicas do *Longissimus lumborum* dos suínos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente investigação foi realizada no Campus da Mitra – Universidade de Évora. O ensaio compreendeu a utilização de uma ração de acabamento que fizesse uso de alimentos produzidos localmente e subprodutos agroindustriais formulada no âmbito do projeto ECO-PIG, contendo nutrientes com potencial para reduzir o odor e sabor a macho na carne de machos intactos. Pretendeu-se o desenvolvimento de um novo modelo de acabamento com um alimento composto completo e de baixo custo, que poderá contribuir para a sustentabilidade e preservação dos recursos genéticos suínos locais, conferindo-lhes flexibilidade no que respeita às alternativas para obtenção do produto acabado. Sendo a alimentação o fator de produção mais representativo dos custos nos sistemas de produção de suínos, este é determinante para a rentabilidade e a sobrevivência da exploração. Pretendeu-se assim criar uma mistura que valorize a utilização de leguminosas de produção local e subprodutos da agroindústria, que pela sua constituição rica em fibra alimentar e outros componentes possa conferir à carne propriedades aproximadas às que se conseguem com suínos acabados em pastoreio, reduzindo ao mesmo tempo os compostos responsáveis pelo odor e sabor a macho. Esta proposta alimentar, a ser testada no habitat natural do suíno AL, visa também disponibilizar uma solução que promova a economia circular, criando sinergias entre a indústria agroalimentar e a produção agropecuária, com novos fluxos de produtos e valorização de subprodutos que podem contribuir para novas dinâmicas de valorização económica do território, no interior do País.

4.1. Ensaio experimental

4.1.1. Animais e instalações

Com base na informação genealógica e pesagem dos leitões machos selecionados para o ensaio, estes foram distribuídos por três grupos experimentais, com 10 animais por grupo: o grupo controlo (grupo C), o grupo intactos (grupo I) e o grupo intactos experimentais (grupo IE). O grupo C era constituído por machos castrados (castração cirúrgica com anestesia e analgesia, realizada pelo veterinário da Universidade de Évora). Os outros dois grupos, I e IE, eram constituídos por machos intactos, respetivamente animais intactos e animais intactos experimentais. O grupo IE foi aquele que foi alimentado na fase de acabamento com a ração experimental.

As estruturas necessárias para o ensaio de campo eram constituídas por 3 parques ao ar livre, permitindo uma área por porco de cerca de 100 m². Cada parque continha um

abrigos e uma bateria de doze comedouros e bebedouros individuais. Com vista a melhorar o bem-estar animal, foram criados e mantidos lameiros em cada parque experimental, para os animais utilizarem como reguladores da sua temperatura corporal na altura do calor. Esta estrutura experimental apresentava também uma zona de maneio animal constituída por um parque de receção/espera de animais, uma manga conducente à balança e um tronco de contenção.

4.1.2. Alimentos e regimes alimentares

Os animais tiveram acesso livre a água e foram alimentados *ad libitum*, consoante o seu peso vivo e com base nas tabelas do INRA (1984). A ração foi fornecida individualmente a cada animal a partir dos 40 kg de peso vivo (Tabela 4). A alimentação dos três grupos experimentais iniciou-se com todos os animais a consumirem o mesmo tipo de ração, mas na fase de acabamento/engorda tornou-se diferente. Assim, todos os grupos experimentais consumiram uma ração comercial de crescimento entre os 40 e cerca de 60 kg de peso vivo, passando para uma segunda ração comercial de fase final de crescimento entre cerca de 60 e 120 kg. A partir deste peso vivo e até ao abate, os animais dos grupos C e I consumiram uma ração comercial de engorda, ao passo que o grupo IE foi alimentado com esta ração só até aos 130 kg de peso vivo, tendo depois passado a consumir a ração experimental até ao abate. A dieta experimental de acabamento utilizada neste ensaio incluía beterraba, tremoço, ervilhas e radículas de malte. A formulação das dietas comerciais e da dieta experimental são informação confidencial. Estes três grupos de animais consumiram as respetivas rações de acabamento até aos cerca de 160 kg de peso vivo, altura em que foram abatidos num matadouro industrial. Todas as transições de ração foram realizadas progressivamente, em média durante um período de 3 dias. O fornecimento da ração foi realizado uma vez ao dia, de manhã (8:30h), até que os animais atingiram cerca de 80 kg de peso vivo. A partir deste peso, atingido no início de julho, o fornecimento da alimentação passou a ser feito de manhã e à tarde (8:30 e 19:00h) com vista a repartir o fornecimento da quantidade de ração a consumir, tentando assim evitar possíveis sobras de alimentos resultantes dum menor capacidade de ingestão numa única refeição, em consequência do aumento das temperaturas. O controlo da ingestão alimentar dos animais foi realizado diariamente e as sobras pesadas e anotadas individualmente.

Tabela 4 - Composição química das rações comerciais e da ração experimental

	Ração de crescimento ¹	Ração de final crescimento ²	Ração de engorda ³	Ração experimental ⁴
Matéria seca (MS) (g/100g)	90.7	91.8	90.8	90.5
		(g/100g MS)		
Cinzas	7.6	7.1	8.1	8.2
Proteína bruta (N x 6.25)	16.8	16.0	13.8	13.8
Fibra insolúvel em detergente neutro (NDF)	24.1	25.3	22.6	29.9
Fibra insolúvel em detergente ácido (ADF)	7.3	11.1	9.4	13.2
Lenhina (ADL)	0.74	1.59	1.64	0.90
Hemicelulose⁵	16.8	14.2	13.2	16.7
Celulose⁶	6.5	9.5	7.8	12.3
Glúcidios totais⁷	3.5	3.1	3.0	1.88
Amido total⁸	47.0	51.8	45.5	40.1
Lípidos totais	3.0	4.0	6.8	6.2
Ácido palmítico (C16:0)	0.44	0.45	0.66	0.66
Ácido oleico (C18:1)	1.88	3.03	4.42	5.41
Ácido linoleico (C18:2)	1.33	1.01	1.66	1.55
Ácidos gordos saturados	0.44	0.56	0.88	0.88
Ácidos gordos monoinsaturados	1.88	3.03	4.42	5.41
Ácidos gordos polinsaturados	1.33	1.01	1.77	1.66
		(MJ/kg)		
Energia digestível⁹	13.6	13.2	13.2	13.1

Notas: ¹Fornecida dos 40 aos 60 kg PV a todos os grupos experimentais; ²Fornecida dos 60 aos 120 kg a todos os grupos; ³Fornecida dos 120 aos 160 kg ao grupo C e I e dos 120 aos 130 kg ao grupo IE; ⁴Fornecida dos 130 aos 160 kg ao grupo IE; ⁵Hemicelulose = NDF-ADF; ⁶Celulose = ADF-ADL; ⁷AOAC 982.14 (2011); ⁸ISO-6493 (2020); ⁹Noblet e Perez (1993).

4.1.3. Pesagem dos animais

As pesagens dos animais começaram por ser realizadas semanalmente, mas a partir da terceira semana de ensaio passaram a ser quinzenais. Para as pesagens, cada grupo era levado ao parque de receção e os animais conduzidos à balança pela manga. Na manga, na jaula de pesagem ou no tronco de contenção, os animais também foram sujeitos a várias intervenções, como manuseamento para limpeza e recolocação de marcas auriculares (quando perdidas), verificação de feridas ou aranhões e tratamento dos

mesmos, além de realização de colheitas de sangue individuais em datas pré-estabelecidas.

4.1.4. Abates

Quando os animais atingiram cerca de 160 kg de peso vivo, foram transportados para um matadouro industrial, onde foram abatidos no dia seguinte à sua chegada.

Os animais permaneceram cerca de 24 horas em repouso dentro do matadouro, afim de reduzir o stress causado pelo transporte e também para se ambientarem ao espaço. É necessário adotar este método para que haja uma diminuição dos níveis de “stress” no período que antecede o abate (Ordaz, 2016). Durante o período de 24 horas de repouso, permaneceram sem alimento e apenas com água disponível. Também se teve o cuidado de não misturar animais provenientes de grupos experimentais diferentes nos parques do matadouro. Os porcos foram abatidos através da insensibilização por dióxido de carbono (CO_2) e posterior sangria, um método que causa menos “stress” e permite obter carne com melhor qualidade (Ordaz, 2016).

4.1.5. Colheita e preparação de amostras no matadouro

Após o abate, as carcaças foram divididas longitudinalmente em duas meias carcaças. As amostragens e medições foram sempre realizadas na meia carcaça esquerda, que foi também submetida aos cortes comerciais estipulados pela norma Portuguesa (NP) - 2931 (2006). No decorrer da desmancha, as peças de cada animal foram pesadas individualmente, nomeadamente pás, pernas, vão de costelas, lombinho, entrecosto, entremeada, assim como a manta de toucinho.

As amostras de gordura subcutânea dorsal (GSD) e de *Longissimus lumborum* (LL) recolhidas ao nível da última costela de cada animal, identificadas, embaladas e guardadas individualmente numa caixa refrigerada. Estas amostras foram transportadas para o Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal, Mitra, Universidade de Évora, onde foram armazenadas a -30°C para posteriores análises laboratoriais.

4.2 Procedimentos analíticos

4.2.1 Parâmetros físico-químicos e tecnológicos

4.2.1.1. Perda de água por gotejamento

Logo após as amostras chegarem ao laboratório, foi realizado o método “EZ drip-loss”, para avaliar as perdas de água por gotejamento da carne em fresco, de acordo com o procedimento referido por Christensen (2003).

4.2.1.2. pH

A determinação do pH foi feita no tecido muscular com um equipamento previamente calibrado através de soluções padrão de 4,00 e 7,00. Utilizou-se um elétrodo (LoT406-M6-DXK-S7/25, Mettler-Toledo GmbH) e um sensor de temperatura, ligado a um potenciômetro (HI 931400 MICROPROCESSOR Ph METER, HANNA Instruments) tendo as medições sido corrigidas para a temperatura da amostra. O valor final do pH foi calculado pela média aritmética das três leituras realizadas por amostra.

4.2.1.3. Cor

No método para a determinação da cor foram utilizadas amostras de LL e de GSD. No músculo, a amostra foi submetida a um corte longitudinal, de modo a abrir a amostra em duas metades e expor as mesmas ao ar, durante um período de 30 minutos. Este processo é denominado de “blooming”. Através de um colorímetro (Konica Minolta CR-400), realizaram-se seis leituras da cor, três em cada face da amostra cortada, utilizando um sistema iluminante D65 e espaço de cor $L^*a^*b^*$ ou CIELAB, de acordo com o método descrito pelo CIE (1976). Os valores $L^*a^*b^*$ finais foram obtidos pela média aritmética das leituras realizadas. Relativamente ao L^* , este representa a luminosidade e varia entre os valores de 0 (preto) e 100 (branco), o a^* representa valores positivos (+a), que nos dão os vermelhos e negativos (-a), que nos dão os verdes, e o b^* inclui valores positivos (+b) nos dão os amarelos e negativos (-b) nos dão os azuis. Relativamente à gordura, e após a retirada do courato, a metodologia seguida para determinação da cor nas amostras foi semelhante à descrita para o músculo, com exceção da implementação do “blooming”, não necessária na GSD.

4.2.1.4. Matéria seca e cinzas totais

- Tecido muscular

Com base na NP-1614 (2009), foi determinado o teor de matéria seca (MS) nas amostras de lombo, previamente aparadas de toda a gordura e tecido conjuntivo, e trituradas numa picadora Flama (Pikatti 700W 1705FL).

O resultado final foi expresso em função da perda de massa quando a amostra era submetida à secagem, através da média aritmética das duas repetições realizadas por amostra, que é expresso em percentagem do produto (NP – 1614, 2009).

A percentagem de humidade é obtida pela seguinte equação:

$$HUM = 100 - \frac{\text{Peso seco (g)} - \text{Tara cadinho (g)}}{\text{Cadinho com amostra (g)} - \text{Tara cadinho (g)}} \times 100\%$$

Para a determinação das cinzas totais, após a amostra ter perdido toda a humidade, ela foi colocada no queimador, onde permaneceu por cerca de 40 minutos, até ficar completamente queimada. De seguida, colocou-se na mufla (Carbolite CSF 1200 Muffle furnace) durante 3 horas, a uma temperatura de 550 °C. No final, as amostras devem ficar de cor branca ou claras. Depois de retiradas da mufla, a amostra arrefecia até o dia seguinte dentro da mesma e passava-se posteriormente para a estufa a 102 ± 2 °C durante cerca de 1 hora, para retirar a humidade ganha nesse período de tempo. Colocaram-se os cadinhos no exsicador e depois fez-se a pesagem e registo do peso das amostras para se obter o valor das cinzas totais.

- Tecido adiposo

Relativamente à determinação da MS da GSD, após a retirada do courato, foram trituradas na picadora. Dessa quantidade de GSD obtida, foi feita uma sub-amostragem de 10 g, colocadas em cadinhos de porcelana previamente identificados e colocados a secar na estufa a 102 ± 2 °C de um dia para o outro, com areia (Sand (sea sand), GPR RECTAPUR®, VWR chemicals) e uma vareta. De seguida, adicionou-se 10 mL de etanol em cada cadinho, com o intuito de facilitar a mistura da areia com a amostra, mexendo o melhor possível com o auxílio da vareta, de modo a manter uma distribuição uniforme em todos os cadinhos. Cada amostra foi feita em duplicado. Colocou-se de seguida na estufa a 102 ± 2 °C durante um período de 2 horas. Após esse período terminar, arrefeceu-se em exsicadores durante 30 a 40 minutos e realizou-se a pesagem das amostras. De seguida, efetuou-se mais pesagens em intervalos de 30 minutos, até a diferença entre duas pesagens consecutivas ser inferior a 0,01g (peso seco).

4.2.1.5. Proteína total

- Tecido muscular

Para a determinação da proteína no músculo, foi utilizado o método de combustão de Dumas (método 992.15, AOAC (2011)), num Leco FP-528 Nitrogen/Protein Determinator (Leco Corp., USA). Cada amostra foi feita em duplicado, usando LL previamente liofilizado, homogeneizado e guardado a -30°C. A média aritmética das

percentagens de azoto total obtidas das duas réplicas foram multiplicadas pelo fator de conversão 6,25, dando origem ao valor da proteína bruta presente na amostra.

- Tecido adiposo

A determinação da proteína nas amostras de GSD seguiu o mesmo método, tendo sido determinada em duas réplicas e utilizando o Leco FP-528 Nitrogen/Protein Determinator (Leco Corp., USA)

4.2.1.6. Pigmentos totais e mioglobina

O procedimento para a determinação de pigmentos totais no LL seguiu o método de Hornsey (1956). Através da acetona, procedeu-se à extração do grupo heme da mioglobina (quebra da ligação heme-globina), de cada uma das amostras dos músculos. Oxidou-se o grupo heme com ácido clorídrico e quantificou-se através da leitura da sua densidade ótica. Cada amostra foi realizada em duplicado, correspondendo o valor dos pigmentos totais à respetiva média aritmética. Finalmente, o valor de mioglobina total obteve-se pela multiplicação do valor de pigmentos totais pelo fator 0,026, de acordo com Cava et al. (2003). A mioglobina total, expressa em mg/g, resultou da média aritmética das duas réplicas realizadas.

4.2.1.7. Teor em colagénio total e solúvel

A determinação do teor de colagénio total e solúvel no LL, teve como base os métodos descritos por Woessner (1961) e Ethrington & Sims (1981).

- Colagénio Total

Este método divide-se em duas fases, nomeadamente a hidrolise ácida e a determinação do teor em hidroxiprolina.

- Hidrolise ácida

Na realização da hidrolise ácida, esta consistiu em pesar cerca de 150 mg de amostra previamente liofilizada, homogeneizada e guardada em vácuo a -30 °C, para um tubo de 20 mL com tampa, em triplicado. Juntaram-se 10 mL de HCl 6 N, roscaram-se os tubos, agitaram-se num vortéx e marcou-se o nível do tubo. De seguida incubaram-se durante 18 h num bloco de aquecimento a uma temperatura de 115 °C. Após esse tempo, deixaram-se arrefecer os tubos à temperatura ambiente, tendo sempre que necessário completado o volume até à marcação feita com HCl 6 N. De seguida, adicionaram-se ± 100 mg de carbono ativo. Agitaram-se os tubos e deixaram-se repousar. O conteúdo dos tubos foi filtrado para novos tubos de vidro, em triplicado. Após a filtração, em tubos de

vidro de 10 mL, adicionou-se 800 μ L de água destilada + 200 μ L de filtrado, preparados em duplicado.

Para a determinação do teor em hidroxiprolina, preparou-se uma gama de hidroxiprolina (100 μ L/mL), de 1 a 8 μ L/mL, em tubos de 10 mL com tampa.

Ponto 0 - (branco), com 1 mL de HCl 1.2 N;

Ponto 1 – 10 μ L de hidroxiprolina + 990 μ L de HCl 1.2 N

Ponto 2 – 20 μ L de hidroxiprolina + 980 μ L de HCl 1.2 N

Ponto 4 – 40 μ L de hidroxiprolina + 960 μ L de HCl 1.2 N

Ponto 6 – 60 μ L de hidroxiprolina + 940 μ L de HCl 1.2 N

Ponto 8 – 80 μ L de hidroxiprolina + 920 μ L de HCl 1.2 N

Em cada tubo das amostras com 800 μ L de água destilada e 200 μ L de filtrado, preparados anteriormente, e também nos tubos da curva, adicionou-se:

- 1 mL de NaOH 1.2 N e agitou-se;
- 1 mL de cloramina T, agitou-se, deixando repousar 20 minutos na hotte;
- 1 mL de ácido perclórico 3.15 M, agitou-se, deixando repousar 5 minutos na hotte;
- 1 mL de reagente de Ehrlich (DAB), tapou-se os tubos e agitou-se;
- Incubou-se em banho-maria a 60°C, durante 20 minutos;
- Arrefeceu-se os tubos em água fria durante 5 minutos.

Após os tubos estarem arrefecidos, leu-se a densidade ótica (absorvância) dos tubos a 557 nm.

- Colagénio Solúvel

Este processo consiste em duas fases distintas, no entanto, existe previamente à hidrolise ácida uma fase de extração. A continuação do método será igual à do colagénio total.

Pesaram-se 300 \pm 2 mg de músculo, previamente liofilizado, homogeneizado e guardado a vácuo a – 30°C, em tubos de plástico próprios para centrifugação, de 20 mL com rolha. Em cada tudo foram adicionados 10 mL de líquido de Ringer. Fecharam-se os tubos e colocaram-se durante 1 hora em banho de ultrassons a 77 °C. De seguida, deixaram-se arrefecer os tubos à temperatura ambiente, agitaram-se bem e colocaram-se na centrifuga (Hermle LaborTechnik GmbH - Z 323 K Universal High speed Centrifuge) a 4000 x g durante 30 minutos a 20 °C. Após a centrifugação, retiraram-se 5 mL de

sobrenadante para tubos de 20 mL com tampa. Agitou-se vivamente e, em cada tubo de amostra, adicionaram-se 5 mL de HCl 12 N. Após este processo, a continuação do método foi igual à do colagénio total, em que os tubos são incubados no bloco de aquecimento por um período de 18 h a 115°C. Foi realizada a hidrolise ácida e a determinação do teor de hidroxiprolina nas mesmas condições e fez-se a leitura das amostras após irem ao banho maria, no espetrofotómetro a 557 nm.

4.2.1.8. Lípidos totais

O músculo LL foi analisado com vista à quantificação dos lípidos totais. Amostras com cerca de 1,5 g de músculo previamente liofilizado foram submetidas à extração de lípidos segundo o método de Folch et al. (1957). Esta foi feita com uma mistura de clorofórmio e metanol (60:40 v/v) com antioxidante BHT (100 mg/L). O extrato obtido foi evaporado num evaporotor (Vacobox B-177, Buchi, Suíça) com um controlador de vácuo (B-720, Buchi, Suíça) e um banho-maria (B-480, Buchi, Suíça). O extrato evaporado resultante foi quantificado (g/100g de amostra) por pesagem em balões tarados, após 12 h de repouso num exsicador.

4.3 Análise estatística

Os resultados apresentados neste trabalho estão sob a forma de média \pm erro padrão.

Os dados obtidos foram sujeitos a análise estatística com recurso a um modelo de análise de variâncias (ANOVA) utilizando o software estatístico Statview 5.0 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). O peso da carcaça quente foi introduzido no modelo estatístico como covariante, quando se trataram os dados de carcaça. As diferenças entre os grupos experimentais foram consideradas significativas quando $P<0,05$.

5. RESULTADOS

Durante o período experimental, os animais permaneceram em bom estado de saúde. Ao longo do ensaio, entre abril e outubro, os animais estiveram sujeitos a uma temperatura media de 20.8°C, a uma temperatura máxima média de 30.1°C, a uma temperatura mínima média de 13.0°C e a uma humidade relativa média de 53.4%.

Os dados de crescimento dos diferentes grupos experimentais encontram-se apresentados na tabela 5. A nível do peso inicial, peso final e ganho de peso não houve diferenças significativas ($P \geq 0,05$).

Tabela 5 - Dados de crescimento de porcos Alentejanos castrados (C), intactos (I) e intactos experimentais (IE) abatidos a ~160 kg de peso vivo,1

	C		I		IE		ANOVA
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	
Peso inicial (kg)	41.1	0.8	42.6	0.8	41.8	1.1	NS
Peso final (kg)	158.1	1.5	156.2	2.7	157.2	2.4	NS
Ganho de peso total (kg)	117.7	1.8	114.7	3.4	115.7	2.4	NS
Dias em ensaio (d)¹	192.5 ^a	4.7	175.3 ^b	2.0	167.2 ^b	4.0	***
Ingestão voluntária total média (kg)	543.6 ^a	3.8	479.6 ^b	5.4	450.2 ^c	3.0	***
Sobras totais médias (kg)	4.5 ^b	1.6	26.4 ^a	4.8	3.9 ^b	1.6	***
Índice de conversão alimentar (kg/kg)	4.63 ^a	0.08	4.21 ^b	0.13	3.90 ^c	0.06	***
Ganho médio diário (g/d)	609.6 ^b	12.2	649.2 ^{ab}	21.6	691.2 ^a	15.4	**

Notas: Os porcos C e I consumiram dietas comerciais até o abate, os IE consumiram dietas comerciais até ~130 kg e a experimental de ~130 kg até ao abate;
 ANOVA: *** - $P < 0,001$; ** - $P < 0,01$; NS - Não significativo ($P \geq 0,05$).

O número de dias que os porcos estiveram em ensaio até atingirem o peso de abate revelou-se significativamente diferente ($P < 0,001$) tendo-se verificado que o grupo IE demorou menos dias para atingir o referido peso, enquanto o grupo C foi o grupo que mais dias demorou.

A ingestão voluntária total média demonstrou resultados estatisticamente diferentes entre grupos ($P < 0,001$) sendo que o grupo IE foi o grupo que menos alimento ingeriu em média e o grupo C o que mais ingeriu. O grupo I apresentou valores intermédios aos destes dois grupos.

As sobras totais médias deixadas pelos animais apresentaram diferenças significativas entre os grupos experimentais ($P<0,001$) tendo o grupo I deixado uma maior quantidade de sobras.

O índice de conversão alimentar revelou diferenças significativas ($P<0,001$) apresentando o grupo IE o menor índice de conversão, seguido do grupo I e por fim o grupo C, o qual apresentou o valor mais elevado de índice de conversão.

O ganho médio diário de peso durante o ensaio foi significativamente diferente ($P<0,01$) entre os tratamentos experimentais, revelando o grupo IE o maior ganho médio diário entre os grupos. No entanto, este valor só foi significativamente diferente para o grupo C, tendo o grupo I apresentado valores intermédios e não significativamente diferentes dos valores dos grupos IE e I.

Na tabela 6, encontram-se os resultados do teste de variância da ANOVA para os dados de carcaça e peças de porcos para os diferentes tratamentos experimentais.

O peso da carcaça quente não revelou diferenças significativas entre tratamentos experimentais. No entanto, o rendimento da carcaça revelou diferenças significativas ($P<0,001$) com o grupo I a apresentar o pior rendimento de carcaça, o grupo IE um rendimento de carcaça intermédio e o grupo C o melhor rendimento de carcaça.

O peso total das peças magras não foi significativamente diferente entre tratamentos experimentais. No entanto, o peso de algumas peças individuais apresentou diferenças. Assim, o peso da pá revelou-se significativamente superior ($P<0,001$) no grupo IE, apresentando valores intermédios no grupo I e inferiores no grupo C. Por outro lado, o peso da perna revelou-se inferior ($P<0,05$) nos grupos IE e I, quando comparados com o grupo C. Lombo, lombinho e a soma das peças nobres não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos.

O peso total das peças ósseas, bem como o das peças ósseas individuais, vão das costelas e entrecosto, não revelou diferenças significativas ($P\geq0,05$) entre tratamentos.

O peso total das peças gordas revelou resultados significativamente diferentes ($P<0,001$) entre tratamentos experimentais, com os grupos IE e I a apresentarem um peso menor em peças gordas que o grupo C. Estas diferenças foram resultado de pesos de entremeada ($P<0,001$) e manta de toucinho ($P<0,01$) inferiores nos grupos dos animais intactos, quando comparados com o grupo C.

Tabela 6 - Dados de carcaça e peças de porcos Alentejanos castrados (C), intactos (I) e intactos experimentais (IE)

	C		I		IE		ANOVA
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	
Peso da carcaça quente (kg)	124.7	1.3	117.7	2.2	121.9	2.1	0.05
Rendimento de carcaça (%)	78.8 ^a	0.2	75.4 ^c	0.5	77.6 ^b	0.2	***
Peças magras (kg)¹	29.1	0.4	28.7	0.6	29.8	0.6	NS
Pá (kg)	10.6 ^c	0.2	11.4 ^b	0.3	12.3 ^a	0.3	***
Lombo (kg)	2.86	0.10	2.88	0.06	2.76	0.11	NS
Perna (kg)	15.3 ^a	0.2	14.1 ^b	0.3	14.5 ^b	0.3	*
Lombinho (g)	307.2	7.6	333.5	11.3	314.1	15.2	NS
Peças nobres (kg) ²	28.7	0.4	28.4	0.6	29.5	0.6	NS
Peças ósseas (kg)³	6.4	0.1	6.6	0.1	6.3	0.2	NS
Vão das costelas (kg)	4.15	0.12	4.26	0.06	4.07	0.14	NS
Entrecosto (kg)	2.27	0.07	2.35	0.08	2.26	0.06	NS
Peças gordas (kg)⁴	17.9 ^a	0.3	14.7 ^b	0.4	15.0 ^b	0.4	***
Entremeada (kg)	7.9 ^a	0.3	5.9 ^b	0.3	6.6 ^b	0.2	***
Manta de toucinho (kg)	10.0 ^a	0.2	8.8 ^b	0.2	8.4 ^b	0.4	**
Relação peças magras/peças gordas	1.63 ^b	0.03	1.96 ^a	0.04	1.98 ^a	0.04	***
Espessura media da gordura subcutânea dorsal (mm)⁵	68.2 ^a	1.1	47.8 ^b	3.0	50.5 ^b	2.4	***
Profundidade de gordura ZP (mm)⁶	62.7 ^a	1.9	46.4 ^b	2.2	48.6 ^b	1.4	***
Carne magra: Profundidade muscular ZP (mm)⁷	64.4	1.1	67.8	1.3	64.7	1.1	0.09

Notas: Os porcos C e I consumiram dietas comerciais até o abate, os IE consumiram dietas comerciais até ~130 kg e a experimental de ~130 kg até ao abate;

¹Soma da pá, perna, lombo e lombinho; ²Soma da pá, perna e lombo; ³Soma do vão das costelas e entrecosto; ⁴Soma da entremeada e manta de toucinho; ⁵Média das medições feitas ao nível da 10^a costela e última vértebra torácica-1^a lombar (ao nível da última costela);

⁶Profundidade mínima de gordura (incluindo a pele) sobre o músculo *Gluteus medius*;

⁷Profundidade muscular mínima entre a extremidade anterior do músculo *Gluteus medius* e a região dorsal do canal medular;

ANOVA: *** - P<0,001; ** - P<0,01; * - P<0,05; NS – Não significativo (P≥0,05).

Na relação entre peças magras e peças gordas foram detetadas diferenças significativas (P<0,001) entre os tratamentos, com os grupos IE e I a apresentarem os maiores valores entre os grupos experimentais.

A espessura média da gordura subcutânea dorsal seguiu uma tendência inversa à referida anteriormente, com um valor nos grupos IE e I inferior (P<0,001) ao verificado no grupo C. Por fim, a profundidade da gordura medida pelo método ZP apresentou

diferenças estatísticas idênticas às apresentadas pela espessura média da gordura subcutânea dorsal ($P<0,001$), mas a profundidade muscular não revelou diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos.

Na tabela 7, encontram-se os resultados do teste ANOVA para a composição química, pH, perdas de água por gotejamento e parâmetros CIE de cor do m. *Longissimus lumborum*.

Tabela 7 - Composição química, pH, perdas de água por gotejamento e parâmetros CIE de cor do m. Longissimus lumborum

	C		I		IE		ANOVA
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	
Humidade (g/100g)	71.4 ^b	0.2	73.5 ^a	0.3	73.0 ^a	0.2	***
Proteína total (g/100g)	22.3	0.4	21.8	0.2	21.5	0.6	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	4.12 ^a	0.36	2.72 ^b	0.11	2.96 ^b	0.31	**
Cinzas totais (g/100g)	1.17	0.03	1.11	0.01	1.14	0.03	NS
pH (24 h post mortem)	5.68 ^a	0.04	5.58 ^b	0.02	5.61 ^{ab}	0.03	*
Perdas de água por gotejamento (g/100g)	0.27	0.03	0.53	0.15	0.46	0.11	NS
Mioglobina (mg/g)	1.41	0.09	1.24	0.06	1.25	0.08	NS
Colagénio total (mg/g MS)	17.9 ^b	0.5	20.4 ^a	0.6	20.1 ^a	0.5	**
Colagénio solúvel (mg/g MS)	5.9	0.3	6.8	0.3	6.6	0.4	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	32.3	1.2	33.3	1.4	32.5	1.9	NS
Luminosidade (Cie L^*)	44.3	0.8	45.7	1.0	46.9	0.7	NS
Coordenada cromática a* (Redness - CIE a^*)	13.5	0.6	13.0	0.7	12.2	0.4	NS
Coordenada cromática b* (Yellowness - CIE b^*)	9.1	0.6	9.3	0.7	9.1	0.3	NS
Cromaticidade (C)	16.3	0.8	16.0	0.9	15.2	0.4	NS
Ângulo de tono (H°)	33.6	1.1	35.3	1.1	36.7	0.8	NS
Saturação	0.37	0.02	0.35	0.02	0.33	0.01	NS

Notas: Os porcos C e I consumiram dietas comerciais até o abate, os IE consumiram

dietas comerciais até ~130 kg e a experimental de ~130 kg até ao abate;

ANOVA: *** - $P<0,001$; ** - $P<0,01$; * - $P<0,05$; NS – Não significativo ($P\geq0,05$).



Nesta tabela, podemos verificar que a humidade apresentou um valor significativamente maior ($P<0,001$) para os grupos IE e I, quando comparados com o grupo C. De forma inversa, os lípidos intramusculares totais apresentaram valores significativamente menores ($P<0,01$) para os grupos IE e I, quando comparados com o grupo C.

O pH revelou-se significativamente diferente ($P<0,05$) entre tratamentos, sendo superior no grupo I quando comparado com o grupo C. O grupo IE apresentou valores intermédios de pH.

O colagénio total revelou valores significativamente superiores ($P<0,01$) nos grupos IE e I, quando comparados com o grupo C. No entanto essas diferenças não atingiram significância no caso do colagénio solúvel.

Os restantes dados da tabela 7 não revelaram diferenças significativas entre os grupos ($P\geq0,05$).

6. DISCUSSÃO

Relativamente às quantidades dos tipos de alimentos em estudo, nomeadamente, rações de crescimento, ração de engorda e ração experimental, estas foram calculadas e administradas em função do ganho de peso que os animais apresentaram ao longo do ensaio, de forma a quantificar-se que quantidade de alimento, em quilogramas, era ingerido por cada animal. No que se refere à ração de engorda e à ração experimental, apesar de os dados constantes na tabela 4 evidenciarem ligeiras diferenças na composição nutricional, nomeadamente nos teores de NDF, ADF, ADL, hemicelulose, celulose, glúcidios totais, bem como no ácido oleico (C18:1), elas eram isoproteicas e isoenergéticas.

É de salientar que nem todos os animais apresentaram a mesma disponibilidade de ingestão de alimento, registando-se sobras de alimento, em particular no grupo I, como se pode observar na tabela 5. Este valor, mais elevado que os registados nos outros grupos (C e IE) e verificado essencialmente no período em que os animais estiveram a consumir a ração de engorda (dados não apresentados) pode ser explicado pelo facto deste grupo não se ter adaptado tão bem à dieta de engorda comercial fornecida. Na realidade, esta dieta, devido ao seu teor em lípidos, apresentou alguns problemas no processo de granulação, o que originou que algumas sacas de ração viessem numa forma mais perto do farinado que do granulado. Por outro lado, tratando-se de machos intactos, apresentando níveis de agressividade territorial superior, os animais do grupo I podem ter visto a sua ingestão afetada. Tal parece não ter sido tão visível no grupo IE, também constituído por machos intactos, provavelmente porque a ração experimental apresentava uma composição mais rica em fibra, o que, segundo Gomes et al. (2006), proporciona aos animais uma sensação de saciedade, podendo contribuir para um maior bem-estar e redução dos comportamentos agressivos.

Com base nos dados presentes na tabela 5, relativos ao crescimento dos porcos Alentejanos castrados (C), intactos (I) e intactos experimentais (IE), pode constatar-se que a ingestão voluntária total média foi significativamente superior no grupo C. Os porcos castrados ingeriram em média mais alimento que os porcos dos grupos IE e I, em resultado de terem permanecido significativamente mais tempo em ensaio que os animais dos grupos IE e I, e apresentado menos sobras que os animais do grupo C. Os animais do grupo C demoraram também mais tempo a atingir o peso de abate, devido a terem apresentado o ganho médio diário mais baixo dos três grupos experimentais. Isto é,

comparativamente com o grupo IE, ingeriram em média 93,4 kg de ração a mais, tendo demorado mais 25,3 dias a atingir o peso de abate. Por outro lado, com uma menor ingestão de alimento e deixando menos sobras, os animais do grupo IE conseguiram chegar ao peso de abate mais rapidamente.

Associado a uma ingestão de alimento menor, o grupo IE apresentou um nível de crescimento superior, o que levou a um menor (melhor) índice de conversão alimentar. O índice de conversão alimentar é um parâmetro muito importante para os produtores uma vez que, com os elevados custos da alimentação dos animais, estes procuram cada vez mais melhorar a eficiência produtiva.

O ganho médio diário apresentou diferenças significativas entre os grupos experimentais. O grupo IE, em comparação com os outros 2 grupos, ingerindo em média menos alimento, obtiveram um ganho médio diário superior (691,2 g/d, contra 649,2 g/d no grupo I e 609,6 g/d no grupo C). Este parâmetro é especialmente importante porque reflete as variações de peso que o animal apresenta em média, por dia. É fundamental para poder identificar os animais que apresentam um baixo nível de rendimento e produtividade. É através deste parâmetro, que se consegue avaliar se os animais aumentam de peso e, caso este não se verifique, seve de alerta para que se veja se eles terão algum problema associado.

De acordo com o referido na bibliografia para porcos de raças industriais intactos e castrados (Bonneau, 1998; Squires e Bonneau, 2014), os porcos Alentejanos intactos (grupos IE e I) apresentaram um ganho médio diário superior ao dos castrados (grupo C). No entanto, essa diferença numérica só foi estatisticamente significativa entre os grupos IE e C. O grupo I apresentou um ganho médio diário intermédio entre os grupos IE e C, o que poderá ser explicado pelas sobras totais médias superiores às detetadas nos outros dois grupos experimentais, bem como a um maior nível de agressividade entre os porcos desse grupo, como verificado por observações visuais (dados não apresentados).

Os dados referentes às carcaças e peças dos porcos Alentejanos experimentais vêm expressos na tabela 6. O grupo C apresentou um rendimento de carcaça superior ao dos grupos IE e I. De acordo com o referido na bibliografia (Bonneau, 1998; Bonneau e Lebret, 2010), os porcos castrados apresentam uma maior capacidade para depor gordura que os porcos intactos, o que se vai repercutir no rendimento de carcaça, uma vez que nos porcos, a maior parte da gordura se deposita na carcaça (gordura subcutânea e intermuscular) (Serrano, 2008). Esta característica dos porcos castrados foi confirmada

neste ensaio, onde o grupo C apresentou um peso superior em peças gordas, quando comparado com o obtido nos grupos dos animais intactos (IE e I).

O peso das peças magras nos dois grupos de animais intactos (IE e I) não apresentou diferenças significativas quando comparado com o peso no grupo de animais castrados (C). No entanto, este foi numericamente superior no grupo IE, consequência de um peso da pá significativamente superior ao verificado nos animais dos grupos I e C. Esta situação levou a um peso em peças nobres (pá + lombo + perna) cerca de 3% superior nos animais do grupo IE, quando comparados com os do grupo C, mas que não foi suficiente para atingir significado estatístico.

Quanto ao peso das peças ósseas, este não foi significativamente diferente entre os grupos experimentais.

Com base nas variações detetadas no peso das peças gordas e das peças magras entre grupos experimentais, a relação peças magras/peças gordas foi superior nos grupos dos animais intactos (IE e I) quando comparados com o grupo dos castrados (C).

A composição química, o valor de pH, as perdas de água por gotejamento e os parâmetros de cor dos lombos dos animais experimentais vêm expressos na tabela 7.

Segundo Bridi e Silva (2013), o teor de pH no momento do abate encontrar-se-á perto dos 7,2, e cai para valores próximos de 6,0 na primeira hora *post mortem*. Após 24 h, estabiliza em valores próximos de 5,6. Assim, o valor de pH às 24 h *post mortem* varia entre 5,5 e 5,8 (Honikel, 1987), o que está concordante com os valores apresentados pelos três grupos experimentais de animais, onde todos eles apresentam um pH dentro dos limites acima referidos. O valor inferior de pH nos animais intactos (IE e I) em comparação com o pH dos animais castrados pode ser devido à atividade física dos animais, uma vez que os animais castrados eram mais calmos e menos ativos em relação aos animais intactos. O exercício físico do animal durante a sua vida útil vai aumentar a atividade respiratória das fibras, aumentando assim o conteúdo de mioglobina e de depósitos musculares de glicogénio, e desta forma atingir um pH mais reduzido (Huertas, 1990).

As diferenças presenciadas no valor do pH irão influenciar a qualidade da carne no lombo a nível da cor, da firmeza e da humidade, uma vez que um pH superior levará a uma carne mais escura, mais dura e mais seca, podendo até chegar a ser uma carne DFD (Santoro, 1988).

Relativamente ao colagénio total, o grupo dos animais castrados apresentou um valor inferior aos grupos de animais intactos (IE e I), estando esta diferença associada aos

efeitos anabólicos da testosterona na síntese do colagénio, com os animais inteiros a apresentar um maior valor deste composto (McCormick, 1994). O facto de os animais castrados apresentarem também mais lípidos no tecido muscular, pode ter levado a um efeito de diluição do seu teor em colagénio.

O grupo C, em relação aos 2 grupos de animais intactos (IE e I), apresentou um teor de lípidos intramusculares totais bastante superior. Associando esta diferença ao valor de colagénio total inferior no grupo C, os animais castrados poderão provavelmente produzir uma carne mais tenra que a dos animais intactos, como mé referido na bibliografia (Bonneau e Lebret, 2010).

O teor em gordura intramuscular é altamente influenciado pelo genótipo e carne com um teor de gordura intramuscular elevado apresenta uma qualidade sensorial, suculência e palatibilidade superior à de carne com baixo teor em gordura intramuscular (Fernandez et al., 1999; Hocquette et al., 2010). Na realidade, estas características melhoraram se o teor em gordura intramuscular no lombo é superior a 2.5% (Fernandez et al., 1999), situação que se verifica em todos os grupos experimentais, mas mais pronunciadamente no grupo C. O teor em gordura intramuscular no lombo dos animais do grupo C (4.12 g/100 g), cerca de 40% superior ao dos animais do grupo IE e cerca de 50% superior ao dos animais do grupo I, pode no entanto apresentar uma menor aceitabilidade por parte do consumidor, a nível da percepção visual da gordura da carne (Bridi & Silva, 2013).

A humidade apresentada nos lombos dos animais castrados foi relativamente inferior à detetada nos dos animais intactos (IE e I), podendo estar relacionado com o valor de lípidos intramusculares totais, uma vez que estes dois fatores apresentam uma correlação inversa entre si (Neves, 1998). Por outro lado, a diferença entre valores, poderá também estar relacionado com a menor atividade física por parte dos animais castrados, uma vez que haverá menos atividade e consequentemente menor quantidade de água (Goulart, 2013). O valor da humidade juntamente com o teor de gordura intramuscular irá influenciar a suculência da carne. Deste modo, a nível da influência na qualidade da carne, os animais intactos apresentam uma carne mais suculenta e menos seca em comparação com os animais castrados (de Oliveira, 2019).

Como conclusão, podemos referir que, no geral, os animais do grupo IE apresentaram maior ganho médio diário de peso que os animais do grupo C, e portanto, foram mais rápidos a atingir o peso ao abate, quando comparados com este último grupo. Este crescimento mais rápido foi conseguido com uma ingestão voluntária total média

mais baixa, o que em termos económicos é de grande interesse. Por outro lado, o grupo C apresentou um peso significativamente superior em peças gordas, enquanto o grupo IE apresentou pesos numericamente superiores em peças magras, com pernas significativamente mais pesadas (16%) que as do grupo C.

Nos animais abatidos aos 160 kg, o grupo C apresentou maior espessura de gordura subcutânea dorsal e lombos com maior teor em gordura intramuscular, confirmando a maior propensão destes animais para deporem gordura, quando comparados com os intactos.

O grupo IE, quando comparado com o grupo C, apresentou no músculo *Longissimus lumborum* um valor de pH inferior e um teor em colagénio superior. Nos parâmetros de cor, apesar de serem só numericamente diferentes, o grupo IE apresentou nos seus lombos maior luminosidade, menor intensidade de vermelho na coordenada cromática a^* e menor saturação.

Este estudo no porco Alentejano, na sua carcaça, peças e qualidade da sua carne, baseou-se na formulação de uma ração experimental inovadora proporcionando uma alternativa de engorda para os animais, quando se verificar menor disponibilidade de bolota e pastagem, tentando ao mesmo tempo reduzir o odor e sabor a macho por via alimentar, alcançando assim alternativas à castração cirúrgica. Com este estudo pretendeu-se desenvolver uma ração de engorda eficaz em termos zootécnicos (bons índices de crescimento) e baseada na utilização de alimentos localmente produzidos e subprodutos de atividades agroindustriais, com o objetivo de funcionar como base em uma economia circular. As próprias leguminosas que foram incorporadas, foram produzidas localmente, não se importando soja do Brasil, por exemplo. Por outro lado, privilegiou-se a incorporação na ração de componentes vegetais que a bibliografia refere como apresentando efeito redutor dos componentes responsáveis pelo odor e sabor a macho dos machos intactos. Algumas substâncias ativas, como por exemplo, as pectinas e a inulina que estão presentes nos vegetais têm um efeito redutor sobre os compostos que estão associados ao odor e sabor a macho.

Em conclusão, e quando comparada com a criação de porcos Alentejanos castrados a consumir rações comerciais, a criação de animais intactos com uma ração experimental com base em alimentos localmente produzidos e subprodutos de atividades agroindustriais, levou a uma melhor *performance* animal, visto que os machos intactos cresceram significativamente mais rápido e ingerindo menos alimento que os machos castrados.



Por outro lado, os animais do grupo IE apresentaram carcaças menos gordas que os do grupo C, o mesmo se verificando em relação ao teor de gordura intramuscular do lombo, confirmando uma capacidade adipogénica inferior à dos animais do grupo C, o que poderá ser mais apelativo para o consumidor. No entanto, estudos a decorrer irão verificar se a ração experimental foi eficaz a reduzir o teor em androstenona e escatol na carne e gordura dos animais intactos, bem como o seu grau de aceitação por parte dos consumidores, com base em provas feitas por um painel de provadores treinado para tal.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, A., Grosse Beilage, E., Henning, M., Bekendorf, T., & Krieter, J. (2012). Growth performance and carcass characteristics of Improvac-treated male pigs compared with barrows. *Berliner und Munchener tierärztliche Wochenschrift*, 125(11-12), 456–462.
- Allen, C.E., Foegeding, E.A. (1981). Some lipid characteristics and interactions in muscle foods-a review. *Food Technology*, 35(5), 253-257.
- ANCPA - Associação Nacional dos criadores de Porco Alentejano. (n.d.). Disponível em: <https://www.ancpa.pt/>
- Andersen-Ranberg, I., van Son, M., Grindflek, E. (2018). Genetic parameters and genetic trends for boar taint compounds in Landrace and Duroc. In: *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier, France, 7–11 February, p. 548.
- Andersson, H.K., Andersson, K., Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Chen, G., Lundström, K. (2005). Effect of single-sex or mixed rearing and live weight on performance, technological meat quality and sexual maturity in entire male and female pigs fed raw potato starch. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 55(2-3), 80-90.
- Andersson, K., Brunius, C., Zamaratskaia, G., & Lundström, K. (2012). Early vaccination with Improvac®: effects on performance and behaviour of male pigs. *Animal*, 6(1), 87–95.
- Andresen, O. (1976). Concentrations of fat and plasma 5alpha-androstenone and plasma testosterone in boars selected for rate of body weight gain and thickness of back fat during growth, sexual maturation and after mating. *Journal of Reproduction and Fertility*, 48(1), 51-9.
- AOAC (2011). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (18th edition, 4th revision ed.) Gaithersburg, MD, USA: The Association of Official Analytical Chemists.
- Aparicio Macarro, J.B. (1988). *El cerdo Ibérico*. Indústrias Gráficas Gaditanas, S. A., Cádiz, Spain, 93 pp.



Backus, G., Higuera, M., Juul, N., Nalon, E., & De Briyne, N. (2018). *Second progress report 2015–2017 on the European declaration on alternatives to surgical castration of pigs*. Disponível em: <https://www.boarsontheway.com/wp-content/uploads/2018/08/Second-progress-report-2015-2017-final-1.pdf>.

Bee, G., Chevillon, P., & Bonneau, M. (2015). Entire male pig production in Europe. *Animal Production Science*, 55, 1347-1359.

Bilić-Šobot, D., Čandek-Potokar, M., Kubale, V., & Škorjanc, D. (2014). Boar taint: interfering factors and possible ways to reduce it. *Agricultura*, 11, 35-47.

Bilskis, R., Sutkeviciene, N., Riskeviciene, V., Januskauskas, A., & Zilinskas, H. (2012). Effect of active immunization against GnRH on testosterone concentration, libido and sperm quality in mature AI boars. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 54(1), 33.

Bonneau, M. (1982). Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: A review. *Livestock Production Science*, 9, 687-705.

Bonneau, M. (1998). Use of entire males for pig meat in the European Union. *Meat Science*, 49, 257-272.

Bonneau, M. (2010). Accessory sex glands as a tool to measure the efficacy of immunocastration in male pigs. *Animal*, 4(6), 930–932.

Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84, 293-300.

Bonneau, M., Carrié-Lemoine, J., Prunier, A., Garnier, D., & Terqui, M. (1987). Age-related changes in plasma LH and testosterone concentration profiles and fat 5 α -androstenone content in the young boar. *Animal Reproduction Science*, 15(3-4), 241-258.

Bonneau, M., Le Denmat, M., Mortensen, A.B. and Mortensen, H.B. (1993). Relationships between fat androstenone and skatole levels and the organoleptic assessment of pork and cooked ham. In: *Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs*. (Ed. Bonneau, M.), Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, pp. 81-86.

Boucqué, C. H. V., & Fiems, L. O. (1988). II. 4. Vegetable by-products of agro-industrial origin. *Livestock production science*, 19(1-2), 97-135.

Bridi, A.M., & da Silva, C.A. (2013). Qualidade da carne suína e fatores que a influenciam. In: *Anais do VI Simpósio Brasil Sul de Suinocultura e V Brasil Sul Pig Fair*, p. 46.

Brinke, I., Grosse-Brinkhaus, C., Roth, K., Proll-Cornelissen, M.J., Henne, H., Schellander, K., Tholen, E. (2020). Genomic backgroundand genetic relationships between boar taint and fertility traits in German Landrace and Large White. *BMC Genetics*, 21, 61.

Brito, M.R. (2014). *Efeito da suplementação alimentar de betaina no perfil lipídico de dois músculos de suínos Alentejanos*. Mestrado em Engenharia Zootécnica, Universidade de Évora, 68 pp.

Brunius, C., Zamaratskaia, G., Andersson, K., Chen, G., Norrby, M., Madej, A., Lundström, K. (2011). Early immunocastration of male pigs with Improvac(®) - effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine*, 29(51), 9514–9520.

Čandek-Potokar, M., Batorek Lukač, N. (2015). Alternatives to surgical castration in pigs. *Sofija: Selskostopanska Akademija*, 52, 41-51.

Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J., Morcuende, D. (2003). Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science*, 63, 533-541.

Charneca, R., Martins, J.M., Freitas, A., Neves, J., Nunes, J., Paixim, H., Bento, P., Batorek-Lukač, N. (2019). Alentejano pig. In: (Candek-Potokar, M., Linan, R.M.N. Eds.) *European Local Pig Breeds - Diversity and Performance*. IntechOpen, London, UK, pp. 13-36.

Chen, G., Zamaratskaia, G., Andersson, H. K., Lundström, K. (2007). Effects of raw potato starch and live weight on fat and plasma skatole, indole and androstenone levels measured by different methods in entire male pigs. *Food Chemistry*, 101(2), 439-448.

Christensen, L.B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, 63 (4), 469-477.

CIE (1976). *Commission Internationale de l'Éclairage, 18th Session*. London, UK, CIE Publication 36.



Ciobanu, D. C., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E. J. (2011). Genetics of meat quality and carcass traits. In: *The Genetics of the Pig*, CABI Books, 2nd edition, pp. 355-389.

Claus, R., Losel, D., Lacorn, M., Mentschel, J., Schenkel, H. (2003). Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. *Journal of Animal Science*, 81(1), 239-248.

Claus, R., Raab, S. (1999). Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 467, 679–684.

Claus, R., Weiler, U., Herzog, A. (1994). Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar-A review with experimental data. *Meat Science*, 38(2), 289–305.

Cobos, A., Hoz, L. De La, Cambero, M.I., Ordonez, J.A. (1994). Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 34 (1), 35-51.

Da Cruz, C.A.C. (2013). *Estudo do Longissimus lumborum e Biceps femoris de cordeiros alimentados com diferentes componentes da algaroba*. Tese de Doutoramento, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 163 pp.

de Lange, K., van Milgen, J., Noblet, J., Dubois, S., & Birkett, S. (2006). Previous feeding level influences plateau heat production following a 24 h fast in growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 95(6), 1082-1087.

Oliveira, I. D. (2019). *Análise sensorial de carne de lombo suína. Comparação das características sensoriais da carne de suínos da Raça Bísara alimentados com e sem castanha em relação à carne de suíno comercial* (Doctoral dissertation).

Dehnhard, M., Bernal-Barragan, H., Claus, R. (1991). Rapid and accurate high-performance liquid chromatographic method for the determination of 3-methylindole (skatole) in faeces of various species. *Journal of Chromatography*, 556, 101–107.

Desmoulin, B., Bonneau, M., Frouin, A., Bidard, J. (1982). Consumer testing of pork and processed meat from boars: The influence of fat androstenone level. *Livestock Production Science*, 9(6), 707-715.



Diaz, G., Squires, E. (2000a). Metabolism of 3-Methylindole by Porcine Liver Microsomes: Responsible Cytochrome P450 Enzymes. *Toxicological Sciences*, 55(2), 284-292.

Diaz, G., Squires, E. (2000b). Role of Aldehyde Oxidase in the Hepatic in Vitro Metabolism of 3-Methylindole in Pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 833-837.

Diestre, A., Oliver, M., Gispert, M., Arpa, I., Arnau, J. (1990). Consumer responses to fresh meat and meat products from barrows and boars with different levels of boar taint. *Animal Science*, 50(3), 519-530.

Drochner, W. (1993). Digestion of carbohydrates in the pig. *Archives of Animal Nutrition*, 43(2), 95-116.

Dugué, C., Prunier, A., Mercat, M. J., Monziols, M., Blanchet, B., & Larzul, C. (2020). Genetic determinism of boar taint and relationship with growth traits, meat quality and lesions. *Animal*, 14(7), 1333-1341.

Egea, M., Peñaranda, I., Garrido, M. D., Linares, M. B., Sánchez, C.J., Madrid, J., . . . Miró, S.M. (2021). Use of Mediterranean By-Products to Produce Entire Male Large White Pig: Meat and Fat Quality. *Animals*, 11(11), 3128

Ender, K. (1993). Boar odour, limit value for androstenone and possibilities to reduce androstenone and skatole by different treatments. In: *Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs*. (Ed. Bonneau, M.) Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, pp. 179-183.

Etherington, D. J., Sims, T. J. (1981). Detection and estimation of collagen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(6), 539-546.

European Declaration on Alternatives to Surgical Castration of Pigs (2010). European Declaration on Alternatives to Surgical Castration of Pigs. Disponível em: https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/aw_prac_farm_pigs_cast-alt_declaration_en.pdf.



European Food and Safety Authority (EFSA) (2004). Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets. *EFSA Journal*, 91, 1-18.

FAOSTAT. (2021). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

Feiner, Gerhard (2006). *Meat products handbook – Practical science and technology*. Woodhead Publishing Limited.

Fernandes, L.S., Freitas, A.B., D'Abreu, M.C. (2008). Evolução dos sistemas de produção de porco Alentejano e efeitos do aumento de preço dos alimentos compostos na viabilidade económica da atividade. *Revista de Suinocultura* 78, 54–63.

Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., & Lebret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat—2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat science*, 53(1), 67-72.

Ferreira, T.M. (2008). *Produção de Suínos de raça Alentejana em sistema intensivo até ao final da pré-engorda*. Dissertação de Mestrado em Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, 59 pp.

Fialho, A.R.T. (2018). *Características físico-químicas de diferentes músculos e da gordura subcutânea dorsal em raças suínas autóctones portuguesas e seus cruzamentos*. Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, Universidade Nova de Lisboa, 106 pp.

Folch, J., Lees, M., Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.

Fontanesi, L., Nanni Costa, L., Aluwé, M., Bonneau, M., Buttazzoni, L., Čandek-Potokar, M. et al. (2017). *Pig castration: methods of anaesthesia and analgesia for all pigs and other alternatives for pigs used in traditional products*. Brussels: Directorate-General for Health and Food Safety, Animal Welfare, pp. 66-68.

Font-i-Furnols, M., Oliver, M.A. (1999). Production and consumption of pork meat with different levels of boar taint. *Food Science and Technology International*, 5(5), 367-375.

Fredriksen, B., Font i Furnols, M., Lundström, K., Migdal, W., Prunier, A., Tuyttens, F., Bonneau, M. (2009). Practice on castration of piglets in Europe. *Animal*, 3(11), 1480-1487.

Freitas, A.B. (2011). *Porco Alentejano de Montanheira*. Repositório Científico da Universidade de Évora, Repositório Digital de Publicações Científicas: Porco Alentejano de montanheira (uevora.pt)

Freitas, A.B. (2014). A raça suína Alentejana: passado, presente e futuro. In: *Las razas porcinas Iberoamericanas: un enfoque etnozootécnico*. (Silva Filha, O.L. Ed.) Instituto Federal Baiano, Salvador, Brasil, pp. 55-80.

Frieden, L., Neuhoff, C., Grosse-Brinkhaus, C., Cinar, M.U., Schellander, K., Looft, C., Tholen, E. (2012). Breeding potential of selection against boar taint. *Züchtungskunde*, 84(5), 394-411.

Geri, G. (1988). Characteristics of fat and meat quality. In: *Proceedings of the Meeting Pig Carcass and Meat Quality*, Università di Bologna, Reggio Emilia, Italy, June, pp. 2-3.

Girard, J.P., Bucharles, C. (1985). Evolution post-mortem des gras animaux: la lipolyse. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 102(6), 581-591.

Gomes, J.D.F., Blazquez, F.J.H., Fukushima, R.S., Utiyama, C.E., Oetting, L.L., de Lima, G.J.M.M. (2006). Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na ração de suínos sobre a histologia de segmentos do trato intestinal. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 43(2), 210-219.

Goulart, J.F.F. (2013). *Avaliação nutricional e organolética de carne proveniente de suínos sujeitos a diferentes dietas: resultados preliminares*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa, 81 pp.

Gower D.B. (1972). 16-Unsaturated C 19 steroids. A review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role. *Journal of Steroid Biochemistry*, 3(1), 45–103.

Grindflek, E., Meuwissen, T.H.E., Aasmundstad, T., Hamland, H., Hansen, M.H.S., Nome, T., Kent, M., Torjesen, P., Lien, S. (2011). Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *Journal of Animal Science* 2011, 89, 680–692.

Hansen, L L., Mejer, H., Thamsborg, S M., Byrne, D V., Roepstorff, A., Karlsson, A H., (...), Tuomola, M. (2006). Influence of chicory roots (*Cichorium intybus* L) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science*, 82(3), 359-368.

Hansen, L., Larsen, A., Jensen, B., Hansen-Møller, J., Barton-Gade, P. (1994). Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Science*, 59(1), 99-110.

Hansen, L.L., Stolzenbach, S., Jensen, J.A., Henckel, P., Hansen-Møller, J., Syriopoulos, K., Byrne, D.V. (2008). Effect of feeding fermentable fibre-rich feedstuffs on meat quality with emphasis on chemical and sensory boar taint in entire male and female pigs. *Meat Science*, 80(4), 1165-1173.

Hocquette, J. F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4, 303-319.

Honikel, K. O. (1987). How to Measure the Water-Holding Capacity of Meat? Recommendation of Standardized Methods. In: Tarrant, P.V., Eikelenboom, G., Monin, G. (Eds.), *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*, Vol. 38, Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, pp. 129-142.

Hornsey, H.C. (1956). The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(8), 534-540.

Huertas, C. (1990). *Lipolisis, autooxidación lipídica y evolución de los carbonilos y aminas volátiles en la maduración del jamón de Jabugo*. Doctoral dissertation, Universidad de León, 332 pp.

Hurtado Nery, V. L., Ribeiro Nobre Soares, R. D. T., & Chiquieri, J. (2010). Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação alimentados com rações contendo subprodutos de arroz. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 46-49.

Ikram, M., Sroufe, R., Awan, U., Abid, N. (2021). Enabling Progress in Developing Economies: A Novel Hybrid Decision-Making Model for Green Technology Planning. *Sustainability*, 14, 258.

INE (2020). Disponível em: <https://www.ine.pt/>



INRA (1984). *L'Alimentation des animaux monogastriques: Porc, Lapin, Volailles.* INRA, Paris, 282 pp.

ISO-6493 (2000). *Animal feeding stuffs - Determination of starch content - Polarimetric method.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 10 pp.

Jensen, B.B., Jensen, M.T. (1998). Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: *Skatole and Boar taint.* (W. K. Jensen Ed.) Danish Meat Research Institute, Roskilde, pp. 41-75.

Jensen, M.T., Cox, R.P., Jensen, B.B. (1995a). 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig fecal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(8), 3180–3184.

Jensen, M.T., Cox, R.P., Jensen, B.B. (1995b). Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Animal Science*, 61(2), 293-304.

Jensen, M.T., Jensen, B.B., Laue, A., Agergaard, N., Bibby, B.M. (1997). Effect of various carbohydrate sources on the production of skatole in the hind gut of pigs and skatole concentration in blood plasma. In: *Boar taint in entire male pigs: proceedings of a meeting of the EAAP working group Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs.* Stockholm, Sweden, Wageningen Pers, pp. 80-83.

Jonsson, P., Andresen, O. (1979). Experience during two generations of within lines boar performance testing, using 5α -androst-16-ene-3-one (5α -androstenone) and an olfactory judgement of boar taint. *Annales de Genetique et de Selection Animale*, 11(3), 241–250.

Jorge, S.M. (2016). *Efeito do sistema de produção nas características físico-químicas e no perfil lipídico de três músculos de suínos Alentejanos.* Mestrado em Engenharia Zootécnica, Universidade de Évora, 100 pp.

Karaconji, B., Lloyd, B., Campbell, N., Meaney, D., Ahern, T. (2015). Effect of an anti-gonadotropin-releasing factor vaccine on sexual and aggressive behaviour in male pigs during the finishing period under Australian field conditions. *Australian Veterinary Journal*, 93(4), 121–123.



- Kjos, N.P., Øverland, M., Fauske, A.K., Sørum, H. (2010). Feeding chicory inulin to entire male pigs during the last period before slaughter reduces skatole in digesta and backfat. *Livestock Science*, 134(1-3), 143-145.
- Kwan, T.K., Orengo, C., Gower, D.B. (1985). Biosynthesis of androgens and pheromonal steroids in neonatal porcine testicular preparations. *FEBS Letters*, 183(2), 359–364.
- Kwasiborski, A., Sayd, T., Chambon, C., Santé-Lhoutellier, V., Rocha, D., Terlouw, C. (2008). Pig Longissimus lumborum proteome: Part II: Relationships between protein content and meat quality. *Meat Science*, 80 (4), 982-996.
- Larzul, C. (2021). How to Improve Meat Quality and Welfare in Entire Male Pigs by Genetics. *Animals*, 11(3), 699.
- Lawrie, R.A. (2006). The eating quality of meat. In: *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing, 7th Edition, Cambridge, England, pp. 279–341.
- Lefaucheur, L. (1989). Les différents types de fibres musculaires chez le porc. Conséquences sur la production de viande. *INRA Productions Animales*, 2(3), 205-213.
- Leite, A., Oliveira, A., Amorim, A., Gonçalves, A., Paulos, K., Pereira, E., Rodrigues, S., Teixeira, A. (2015). Qualidade da Carne. In: *Porco Bísaro. Qualidade da Carcaça e da Carne*. (eds. A. Fernandes e A. Teixeira) Quinta do Bísaro, Bragança, pp. 81-96.
- Llanes, N., & Gozzini, M. (2013). *Alimentación líquida en ganado porcino*. XXIX Curso de especialización FEDNA, Madrid, 149-169.
- López-Bote, C. J. (1998). Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*, 49(Suppl 1), S17-S27.
- Lundström, K., Zamaratskaia, G. (2006). Moving towards taint-free pork – alternatives to surgical castration. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 48(1), S1.
- MacDougall, D.B. (1984). Colour vision and appearance measurement. In: *Sensory analysis of foods*. (Edited by JR Piggott) Elsevier, London, pp. 93-116.
- Malmfors, B., Lundström, K. (1983). Consumer reactions to boar meat - A review. *Livestock Production Science*, 10(2), 187-196.

Mathur, P.K., ten Napel, J., Crump, R.E., Mulder, H.A., Knol, E.F. (2013). Genetic relationship between boar taint compounds, human nose scores, and reproduction traits in pigs. *Journal of Animal Science*, 91(9), 4080–4089.

McCormick, R.J. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, 36(1), 79-91.

Mera, J.D.R. (2016). *Impacto do pH final na maciez do músculo Longissimus lumborum de animais zebuíños: mudanças estruturais de proteínas da carne crua e cozida durante a maturação*. Tese de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 68 pp.

Molenaar, G.J., Lugard-Kok, C., Meloen, R.H., Oonk, R.B., de Koning, J., Wensing, C. J. (1993). Lesions in the hypothalamus after active immunisation against GnRH in the pig. *Journal of Neuroimmunology*, 48(1), 1–11.

Monin, G. (1981). Factors influencing the dark cutting meat and pale soft exsudative meat of porkers [meat quality, animal production conditions. *Viandes et Produits Carnes*, v.2(8) p. 6-10.

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14(January), 1–8.

Muñoz, M., Bozzi, R., Crovetti, A., Charneca, R., Martins, J.M., Fernández, A.I., Fontanesi, L., García-Casco, J.M., Óvilo, C. (2017). Genetic diversity of Alentejano and Iberian breeds assessed by polymorphisms of major genes. In: *11th International Symposium - Modern Trends in Livestock Production*. (Petrović, M.M. Ed.) Institute for Animal Husbandry, Belgrade, Serbia, pp. 304-311.

Muñoz, M., Bozzi, R., García, F., Núñez, Y., Geraci, C., Crovetti, A., García-Casco, J., Alves, E., Škrlep, M., Charneca, R., Martins, J.M., Quintanilla, R., Tibau, J., Kušec, G., Djurkin-Kušec, I., Mercat, M.J., Riquet, J., Estellé, J., Zimmer, C., Razmaite, V., Araujo, J.P., Radović, Č., Savić, R., Karolyi, D., Gallo, M., Čandek-Potokar, M., Fontanesi, L., Fernández, A.I., Óvilo, C. (2018). Diversity across major and candidate genes in European local pig breeds. *PLOS One*, 13, e0207475.



Neves, J.A.F.M. (1998). *Influência da engorda em montanheira sobre as características bioquímicas e tecnológicas da matéria prima e do presunto curado de porco Alentejano*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, 213 pp.

Noblet, J., Perez, J. (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *Journal of Animal Science*, 71, 3389-3398.

NP-1614 (2009). *Meat and meat products. Determination of moisture content. Part 2: Routine method*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa, 5 pp.

NP-2931 (2006). *Suínos abatidos para consumo directo. Corte da meia carcaça*. Instituto Português da Qualidade, 8 pp.

Oliveira, A., Durão, A., Carvalho, F. (2019). Biodiversidade da raça suína autóctone portuguesa porco Alentejano (*Sus ibericus*). *RILP - Revista Internacional em Língua Portuguesa*, 35, 152-166.

Oliveira, A., Silva, C., De Santana Júnior, H., Dos Santos, M., De Brito, J., Lima Mendes, F., & Cardoso Santana, E. (2017). Principais aspectos considerados por consumidores na aquisição e consumo de carne suína em Colônia Do Piauí-Pi. *Arquivos De Ciências Veterinárias E Zoologia Da UNIPAR*, 20(2). doi: 10.25110/arqvet.v20i2.2017.5810

Ordaz, C. (2016). *Abate com CO₂ para o bem-estar animal – Parte II*. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/abate-com-co2-para-o-bem-estar-animal-parte-ii/> (Consultado em outubro de 2022).

Oskam, I.C., Lervik, S., Tajet, H., Dahl, E., Ropstad, E., Andresen, O. (2010). Differences in testosterone, androstenone, and skatole levels in plasma and fat between pubertal purebred Duroc and Landrace boars in response to human chorionic gonadotrophin stimulation. *Theriogenology*, 74, 1088–1098.

Øverland, M., Kjos, N. K., Fauske, A. K., Teige, J., & Sørum, H. (2011). Easily fermentable carbohydrates reduce skatole formation in the distal intestine of entire male pigs. *Livestock Science*, 140(1-3), 206-217.

Patterson, R.L.S. (1968). 5- α -androst-16-en-3-one: Compound responsible for taint of boar fat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19, 31–37.

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J.V., Ampuero Kragten, S., Bee, G. (2009). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically



castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal*, 3(7), 1057–1066.

Porco Alentejano (2021). Disponível em: https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/04/Alentejana_GRGA-1.pdf

Porco Alentejano (2022). Disponível em: <https://www.alentejomeat.com/porco-alentejano/>

Prunier, A.; Bonneau, M.; Borell, E.H.; Cinotti, S.; Gunn, M.; Fredriksen, B.; Giersing, M.; Morton, D.; Tuyttens, F., Velarde, A. (2006). A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare*, 15, 277-289.

Reis, J. (1995). *Acerca do Porco*. Federação Portuguesa de Associações de Suinicultores, Lisboa, 119 pp.

Rideout, T.C., Fan, E., Cant, J.P., Wagner-Riddle, C., Stonehouse, P. (2004). Excretion of major odor-causing and acidifying compounds in response to dietary supplementation of chicory inulin in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 82(6), 1678-1684.

Robic, A., Larzul, C., Bonneau, M. (2008). Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose tissue: a review. *Genetics, Selection, Evolution: GSE*, 40(1), 129-143.

Roça, R.O. (2000). *Composição química da carne*. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu.

Rydhmer, L., Lundström, K., Andersson, K. (2010). Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs. *Animal*, 4, 965-972.

Salmon, E.L.R., Edwards, S. (2006). Effects of gender contact on the behaviour and performance of entire boars and gilts from 60-130 kg. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, p. 72.

Santoro, P. (1988). Methods of meat quality evaluation. In: *Proceedings of the Meeting Pig Carcass and Meat Quality*. Università di Bologna, Reggio Emilia, Italy, pp. 127–139.

Sarantópoulos, C.I., Pizzinatto, A. (1990). Fatores que afetam a cor das carnes. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, 20(1), 1-12.



Sarcinelli, M.F., Venturini, K.S., Silva, L.D. (2007). Características da carne suína. *Boletim Técnico da Universidade Federal de Espírito Santo*. Disponível em: http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf.

Scheid, I.R., Oliveira, F.T., Borges, A.C., Braga, T.F., Soncini, R.A., Mathur, S., Allison, J.R., Hennessy, D.P. (2014). A single dose of a commercial anti-gonadotropin releasing factor vaccine has no effect on testicular development, libido, or sperm characteristics in young boars. *Journal of Swine Health and Production*, 22, 185-192.

Serrano, M. P. (2008). *A study of factors that influence growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive management*. PhD thesis, Universidad Politécnica de Madrid / Technical University of Madrid, Madrid, Spain, 307 pp.

Shikama, K. (1990). Autoxidation of oxymyoglobin. A meeting point of the stabilization and the activation of molecular oxygen. *Biological Reviews*, 65, 517–527.

Sinclair, P., Hancock, S., Gilmore, W., Squires, E. (2005b). Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 96(1), 79-87.

Sinclair, P.A., Squires, E.J. (2005). Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: its effect on the concentrations of 5{alpha}-androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. *Journal of Animal Science*, 83(2), 358–365

Sinclair, P.A., Squires, E.J., Raeside, J.I., Renaud, R. (2005a). Synthesis of free and sulfoconjugated 16-androstene steroids by the Leydig cells of the mature domestic boar. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 96(2), 217–228

SPREGA. (s.d.). Disponível em:
<https://www.sprega.com.pt/conteudo.php?idesp=su%EDnos&idraca=Alentejano>

Squires, E., Bonneau, M. (2014). Boar taint: biological causes and practical means to alleviate it. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*, (Editado por Dikeman, M., C. Devine) Academic Press, London, pp. 97-103.



Teixeira, A., Rodrigues, S. (2013). Pork Meat Quality of Preto Alentejano and Commercial Large White x Landrace Cross. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 1961-1971.

Thaler, B., Holden, P.J. (2001). *By-Products in Swine Diets*. Pork Industry Handbook, Purdue Extension. Disponível em: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/as/07-06-01.pdf>.

Tirapicos, J.L. (1998). Produção Extensiva - Porco Alentejano. In: *I Jornadas Internacionais de Suinicultura*, UTAD, 26-28 de março, Vila Real, Portugal, pp. 153-162.

Tortora, G.J., Derrickson, B. (2009). *Principles of Anatomy and Physiology*. Hoboken, N.J.: Wiley, 1050 pp.

UNIAPRA (s.d.). Uniapra - *União das Associações de Criadores do Porco Raça Alentejana*. Disponível em: <http://www.uniapra.pt>

Van Ferneij, J.-P. (2022). *The pig castration situation in the European Union*. Disponível em: https://www.pig333.com/articles/the-pig-castration-situation-in-the-european-union_18100/.

Walstra, P., Claudi-Magnussen, C., Chevillon, P., von Seth, G., Diestre, A., Matthews, K., Homer, D.B., Bonneau, M. (1999). An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livestock Production Science*, 62(1), 15-28.

Walstra, P., Engel, B., Mateman, G. (1986). The androstenone-skatole dilemma as applied in a consumer test. In *Proc. 32nd European Meeting of Meat Research Workers*, pp. 27-29.

Wang, J.F., Zhu, Y.H., Li, D.F., Wang, M., Jensen, B.B. (2004). Effect of type and level of dietary fibre and starch on ileal and faecal microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs. *Animal Science*, 78(1), 109-117.

Wenk, C. (2001). The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90(1-2), 21-33.



Whittington, F.M., Nute, G. R., Hughes, S.I., McGivan, J.D., Lean, I.J., Wood, J.D., Doran, E. (2004). Relationships between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan× Large White pigs. *Meat Science*, 67(4), 569-576.

Willeke, H., Claus, R., Müller, E., Pirchner, F., Karg, H. (1987). Selection for high and low level of 5 alpha-androst-16-en-3 one in boars, 1: Direct and correlated response of endocrinological traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 104(1/2), 64-73.

Windig, J.J., Mulder, H.A., Ten Napel, J., Knol, E.F., Mathur, P.K., Crump, R.E. (2012). Genetic parameters for androstenone, skatole, indole, and human nose scores as measures of boar taint and their relationship with finishing traits. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2120–2129.

Woessner, J.F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93, 440–447.

Xu, Z.R., Hu, C.H., Wang, M.Q. (2002). Effects of fructooligosaccharide on conversion of L-tryptophan to skatole and indole by mixed populations of pig fecal bacteria. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 48(2), 83–90.

Zamaratskaia, G. (2004). *Factors involved in the development of boar taint*. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, 51 pp.

Zamaratskaia, G., Andersson, H.K., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., Lundström, K. (2008a). Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(3), 351–359.

Zamaratskaia, G., Babol, J., Andersson, H.K., Andersson, K., Lundström, K. (2005). Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on the levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs. *Livestock Production Science*, 93(3), 235-243.

Zamaratskaia, G., Rasmussen, M. (2015). Immunocastration of Male Pigs – Situation Today. *Procedia Food Science*, 5, 324-327.



Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Andersson, H.K., Chen, G., Lowagie, S., Andersson, K., Lundström, K. (2008b). Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac, on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Animal Reproduction Science*, 108(1-2), 37–48.

Zamaratskaia, G., Squires, E. (2009). Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, 3(11), 1508-1521.

Zammerini, D., Wood, J.D., Whittington, F.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Hazzledine, M., Matthews, K. (2012). Effect of dietary chicory on boar taint. *Meat Science*, 91(4), 396-401.

Zanata, F., Freitas, P., Almeida, E., Zanata, R., Barbosa, L., Ribeiro, F., Carvalho, T. (2018). Imunocastração em suínos. *Revista Científica Rural*, 20(1), 108-128.

Zhang, M., Li, F., Diao, X., Kong, B., Xia, X. (2017). Moisture migration, microstructure damage and protein structure changes in porcine longissimus muscle as influenced by multiple freeze-thaw cycles. *Meat Science*, 133, 10-18.