



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**Efeito do sistema de produção nas
características físico-químicas e no perfil lipídico
de três músculos de suínos Alentejanos**

Sara Maria Mendes de Magos Jorge

Orientador: Professor Doutor José Alberto Feijão
Macedo Neves

Coorientador: Professor Doutor José Manuel
Mota Ruivo Martins

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

Évora, 2016



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**Efeito do sistema de produção nas
características físico-químicas e no perfil lipídico
de três músculos de suínos Alentejanos**

Sara Maria Mendes de Magos Jorge

Orientador: Professor Doutor José Alberto Feijão
Macedo Neves

Coorientador: Professor Doutor José Manuel
Mota Ruivo Martins

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

Évora, 2016

This work is funded by FEDER Funds through the Operational Programme for Competitiveness Factors - COMPETE and National Funds through FCT - Foundation for Science and Technology under the Strategic Projects PEst-C/AGR/UI0115/2011 and PEst- OE/AGR/UI0115/2014.



Agradecimentos

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves e ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins pela orientação, disponibilidade, ensinamentos e paciência que tiveram ao longo deste trabalho.

Aos professores e colegas de mestrado pelo incentivo e amizade demonstrados.

A todo o pessoal, do laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora, pelo trabalho e dedicação.

Aos Serviços de Ação Social e ao Programa de Mecenias da Universidade de Évora, pelo interesse e intervenção, sem os quais o término deste trabalho não seria possível.

A toda a minha família, em especial aos meus pais pelo amor e apoio que me deram ao longo da minha vida.

Ao Marco pelo amor e carinho demonstrados ao longo de tantos anos.

E em especial à minha filha.

Resumo

Efeito do sistema de produção nas características físico-químicas e no perfil lipídico de três músculos de suínos Alentejanos

O presente trabalho tem como objetivo testar o efeito do sistema de produção com dieta rica em ácido oleico nas características zootécnicas, de carcaça, físico-químicas e no perfil lipídico dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Biceps femoris* (BF) e *Semimembranosus* (SM) de suínos de raça Alentejana.

Foram utilizados 15 animais, divididos em dois grupos, o grupo IN (n=9) foi mantido em parques individuais abertos ao exterior com 3 m² e o grupo OUT (n=6) foi mantido numa área de 3 ha com acesso a pastagem.

O grupo OUT obteve melhores performances zootécnicas. O rendimento de carcaça foi igual para ambos os grupos, e o rendimento comercial e proporção de peças nobres foi superior nos OUT. Estes obtiveram menores teores de lípidos intramusculares mas maiores teores de PUFA (ácidos gordos polinsaturados) e melhores valores para os rácios PUFA/SFA (ácido gordos saturados) e n-6/n-3. O SM foi menos afetado pelo sistema de produção.

Palavras-chave: sistema de produção, performance, carcaça, físico-químicas, perfil lipídico, *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Semimembranosus*, Alentejano.

Abstract

Effect of the rearing system in the physical-chemical characteristics and the lipid profile of three muscles from Alentejano pigs

The present study aims to test the effect of rearing system with oleic acid rich diet on performance, carcass and physical-chemical characteristics, and lipid profile of the muscles *Longissimus dorsi* (LD), *Biceps femoris* (BF) and *Semimembranosus* (SM) from Alentejano pigs.

The study used 15 animals, divided into two groups. The Group IN (n = 9) was kept in individual parks open to the exterior with 3 m², and the OUT (n = 6) was held in an area of 3 ha with access to pasture.

The OUT group obtained the best performances. The carcass yield was the same for both groups, meat yield and the proportion of noble parts was superior in the OUT. These obtained lower levels of intramuscular fat but larger PUFA levels (polyunsaturated fatty acids) and best values for the ratios PUFA/SFA (saturated fatty acids) and n-6/n-3. The SM was the least affected by the rearing system.

Keywords: rearing system, performance, carcass, physical-chemical, lipid profile, *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Semimembranosus*, Alentejano.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Tabelas.....	VII
Lista de abreviaturas.....	VIII
1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRIA DO SUÍNO DE RAÇA ALENTEJANA.....	3
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	9
2.2.1 Sistema de produção tradicional.....	11
2.2.2 Novos sistemas de produção.....	12
2.3 TECIDO MUSCULAR.....	16
2.3.1 Composição química.....	16
2.3.2 Estrutura.....	17
2.3.3 Características funcionais e metabólicas do músculo esquelético.....	19
2.3.4 Transformação post-mortem vs conversão do músculo em carne.....	21
2.4 TECIDO ADIPOSEO.....	23
2.4.1 Distribuição do tecido adiposo na carcaça.....	23
2.4.2 Estrutura.....	24
2.4.3 Composição química.....	25
2.4.4 Metabolismo lipídico.....	28
2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE.....	30
2.5.1 Composição química bruta.....	30
2.5.2 Capacidade de retenção de água.....	30
2.5.3 pH.....	32
2.5.4 Pigmentos totais.....	34

2.5.5	Cor	34
2.5.6	Colagénio Total e Solúvel.....	36
2.6	FATORES QUE AFETAM AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E TEOR LIPÍDICO DA CARNE	37
2.6.1	Genótipo.....	37
2.6.2	Alimentação	38
2.6.3	Sistema de produção	41
3	MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1	ENSAIO EXPERIMENTAL.....	44
3.1.1	Animais	44
3.1.2	Alimentação	44
3.1.3	Abate e colheita das amostras	46
3.2	PROCEDIMENTO ANALÍTICO.....	46
3.2.1	Características físicas.....	46
3.2.1.1	Cor.....	46
3.2.1.2	pH.....	47
3.2.1.3	Capacidade de retenção de água.....	47
3.2.2	Características químicas	47
3.2.2.1	Humidade	47
3.2.2.2	Proteína total	48
3.2.2.3	Lípidos intramusculares	48
3.2.2.4	Pigmentos totais e mioglobina	49
3.2.2.5	Teor em colagénio	49
3.2.3	Perfil de ácidos gordos.....	50
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1	EFEITO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS ZOOTÉCNICAS E DE CARÇAÇA	53
4.1.1	Características zootécnicas	53
4.1.2	Características de carcaça	54
4.2	EFEITO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS MÚSCULOS <i>LONGISSIMUS DORSI</i> , <i>BICEPS FEMORIS</i> E <i>SEMIMEMBRANOSUS</i>	58
4.2.1	Características físicas.....	58
4.2.2	Características químicas	62

4.3	EFEITO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO PERFIL LIPÍDICO DOS MÚSCULOS <i>LONGISSIMUS DORSI, BICEPS FEMORIS E SEMIMEMBRANOSUS</i>	67
4.3.1	Lípidos intramusculares neutros	67
4.3.2	Lípidos intramusculares polares	72
5	CONCLUSÕES	76
6	BIBLIOGRAFIA	77

Índice de Figuras

Figura 1. Estrutura de uma fibra muscular esquelética.....	17
Figura 2. Esquemas: A-Estrutura de uma fibra muscular esquelética;	18
Figura 3. Classificação dos lípidos	25
Figura 4. Configurações <i>cis</i> e <i>trans</i> de ácidos gordos insaturados	26
Figura 5. Água ligada, imobilizada e livre na carne	31
Figura 6. Oxigenação e oxidação da mioglobina.....	35
Figura 7. Efeito da alimentação sobre a composição em AG	40
Figura 8. Espaço de cor CIELAB	46

Índice de Tabelas

Tabela 1. Efetivo suíno no Alentejo (1849-1955)	4
Tabela 2. Registo de inscrições anuais no Livro Genealógico	7
Tabela 3. Parâmetros reprodutivos da raça suína Alentejana	13
Tabela 4. Parâmetros produtivos da raça suína Alentejana	14
Tabela 5. Constituição muscular esquelética do ponto de vista funcional	19
Tabela 6. Características dos diferentes tipos de fibra.....	20
Tabela 7: Ácidos Gordos comumente encontrados nos tecidos animais	26
Tabela 8. Ingredientes, e composição do alimento comercial e pastagem	45
Tabela 9. Efeito do sistema de produção nas características zootécnicas.....	53
Tabela 10. Efeito do sistema de produção nas características de carcaça	55
Tabela 11. Efeito do sistema de produção nas características físicas dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Biceps femoris</i> e <i>Semimembranosus</i>	59
Tabela 12. Efeito do sistema de produção nas características químicas dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Biceps femoris</i> e <i>Semimembranosus</i>	63
Tabela 13. Efeito do sistema de produção no perfil dos lípidos neutros dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Biceps femoris</i> e <i>Semimembranosus</i>	68
Tabela 14. Efeito do sistema de produção no perfil dos lípidos polares nos músculos <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Biceps femoris</i> e <i>Semimembranosus</i>	73

Lista de abreviaturas

- ACPA – Associação de criadores de porco Alentejano
- AG – Ácidos gordos
- ANCPA – Associação nacional de criadores de porco Alentejano
- ATP – Trifosfato de adenosina
- BF – *Biceps femoris*
- CRA – capacidade de retenção de água
- DFD – carne escura, firme e seca (*dark, firm, dry*)
- FAME – ácidos gordos metilados (*Fatty acid methyl esters*)
- GMD – ganho médio diário
- IC – índice de conversão
- IMD – ingestão média diária
- IMF – gordura intramuscular (*intramuscular fat*)
- IN – sistema de produção intensivo (interior)
- LD – *Longissimus dorsi*
- LN – lípidos neutros
- LP – lípidos polares
- LT – lípidos totais
- MS – matéria seca
- MUFA- ácidos gordos monoinsaturados (*monounsaturated fatty acids*)
- NDF – Fibra neutro detergente (*neutral detergent fiber*)
- NP- Norma Portuguesa
- OUT – sistema de produção extensivo (exterior)
- PAC – Política agrícola comum
- PB – proteína bruta
- PSA – Peste suína Africana
- PSE – carne pálida, macia e exsudativa (*pale, soft, exsudative*)
- PUFA – ácidos gordos polinsaturados (*polyunsaturated fatty acids*)
- PV – peso vivo
- SFA – ácidos gordos saturados (*saturated fatty acids*)
- SM – *Semimembranosus*
- UFA – ácidos gordos insaturados (*unsaturated fatty acids*)
- UNIAPRA – União de associações dos criadores de porco de raça Alentejana

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O sistema tradicional de produção de suíno de raça Alentejana, geneticamente semelhante ao suíno Ibérico (Martins et al., 2012), apresenta uma componente de atividade física e consumo de recursos naturais (pastagem e bolota), os quais têm sido referidos como podendo modular a deposição proteica e lipídica (e mesmo o perfil em ácidos gordos) em tecidos musculares de suínos.

Esta produção com base em raças autóctones tem vindo a despertar um interesse baseado na sustentabilidade ambiental ligada aos sistemas de produção tradicional, no crescente interesse dos consumidores por este tipo de produção, bem como na qualidade da carne e dos produtos que dela se podem obter (Pugliese e Sirtori, 2012).

No entanto a alimentação com recurso a bolota nem sempre é possível (Ventanas et al., 2008), e a atividade lipogénica precoce dos suínos de raça Alentejana conjugado com o seu lento ritmo de crescimento (Neves et al., 1996), resulta em baixos rendimentos de carcaça, que podem comprometer a viabilidade económica deste sistema de produção alternativo (Martins et al., 2012)

Hoje em dia, um sistema semi-extensivo baseado na produção de carne fresca de alta qualidade (Carne de Porco Alentejano, Denominação de origem protegida, DOP) tem sido crescentemente utilizada. Apesar de alimentados com rações sem promotores de crescimento e antibióticos estes animais são criados ao ar livre com acesso aos recursos naturais (pastagem) e abatidos antes do período de engorda, com pesos corporais inferiores (90 Kg – 110 Kg) aos que são usados normalmente para fabricação de produto seco-curado (Cava et al., 2003b).

A qualidade da carne depende de vários aspetos interligados de genótipo, sistema de produção, dieta, condições de pré-abate, processamento da carcaça e da carne (Lebret, 2008).

Quando associado à criação ao ar livre, o uso de dietas ricas em ácido oleico (C18:1), simulando a composição de ácidos gordos (AG) da bolota, é uma das estratégias que poderia ser usada para obter maior qualidade sensorial da carne, do que aquela presente na carne de suínos criados em sistemas intensivos com dietas mistas (Rey et al., 2006).

A relação da atividade física do suíno às características de qualidade de carne não é consensual. Enquanto alguns estudos não encontraram nenhuma diferença no desempenho zootécnico ou qualidade da carne (Gentry et al., 2002a), outros relatam alguns efeitos do exercício na carne, por exemplo na sua cor, perda por gotejamento e comprimento de carcaça (Geverink et al., 1998; Karlsson et al., 1993). Também há informações disponíveis sobre o efeito do exercício sobre os tipos de fibra muscular, que poderiam afetar a qualidade da carne (Andrés et al., 2001). Relatórios de nutrição clínica que visam estabelecer o benefício do exercício em seres humanos indicam que o exercício pode desempenhar um papel importante no metabolismo de lípidos, tais como a atividade lipolítica, alongamento e desaturação dos AG (Bergouignan et al., 2006; Petridou et al., 2005; Votruba et al., 2005), assim o exercício pode afetar a composição de AG em tecidos animais (Szabó et al., 2002). Apesar de características de aceitabilidade e qualidade dos produtos dos suínos criados em sistema extensivo serem principalmente atribuídas a diferenças na composição de AG (López-Bote, 1998), e alguns estudos demonstrarem que o sistema de produção pode afetar a composição destes (Andrés et al., 2001; Cava et al., 2000b; Daza et al., 2009), não há muita informação disponível sobre o possível efeito do sistema de produção sobre as características zootécnicas, de carcaça, físico-químicas e composição de AG em suínos de raça Alentejana.

Existindo pouca informação referente ao efeito da atividade física nas características e no perfil de AG da carne de raças de elevada atividade lipogénica, como por exemplo o suíno de raça Alentejana, e tentando colmatar a falta de dados experimentais acima referidos, o presente ensaio testará o efeito do sistema de produção com dieta rica em C18:1 nas características zootécnicas, de carcaça, físico-químicas e no perfil lipídico de três músculos (*Longissimus dorsi* (LD), *Biceps femoris* (BF) e *Semimembranosus* (SM)) de suínos de raça Alentejana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização e história do suíno de raça Alentejana

Segundo vários autores, existiram três troncos de suínos na antiguidade, dos quais resultou a enorme variedade de raças atualmente existentes. Nunes (1993) identifica de uma forma simples esses três troncos de suínos: o Céltico (*Sus scrofa ferus*), que originou as raças modernas, o Asiático (*Sus striatosus vitatus*) e o Ibérico ou Românico (*Sus mediterraneus*), típico da bacia mediterrânica e que originou o suíno de raça Alentejana.

O suíno Ibérico é uma raça nativa que ocupa a península Ibérica desde tempos imemoriais numa base territorial de floresta mediterrânica, o montado (López-Bote, 1998). Com o tempo, e particularmente durante a segunda metade do século XX, um grupo de fatores ligados à alteração dos hábitos alimentares, ao aparecimento da Peste Suína Africana (PSA) conjuntamente com o êxodo rural e a mecanização da agricultura, foram determinantes para a diminuição dramática dos efetivos e o abandono de vastas áreas de montado, e fez com que os seus números diminuíssem (Nunes, 1993). No entanto, a sua perfeita adaptação ao ambiente e a alta qualidade dos seus produtos, promoveu a persistência da raça e do seu sistema produtivo, sendo uma das poucas raças suínas autóctones que sobreviveu às técnicas modernas de produção sem sofrer alterações (López-Bote, 1998).

O Regulamento do Livro Genealógico da Raça Suína Alentejana foi estabelecido em 1959 com a portaria 17.133 na Imprensa Nacional de Lisboa.

O suíno de raça Alentejana é um animal com elevada propensão para depositar gordura e caracteriza-se por uma corpulência médio-pequena. Apresenta pele preto ardósia, com cerdas raras, finas, de cor preta, aloirada ou ruiva. A sua cabeça é comprida e fina, de ângulo fronto-nasal acentuado, e orelhas relativamente pequenas e finas, dirigidas para diante, de forma triangular e com ponta ligeiramente lançada para fora. Tem um pescoço de comprimento médio e regularmente musculado. O tronco é roliço, de regular capacidade, com: i) espádua regularmente desenvolvida, região dorso-lombar de mediano comprimento e largura, um pouco arqueada e ligando-se bem com a garupa; ii) garupa de regular comprimento e largura, pouco oblíqua; iii) ventre um

pouco descaído; iv) rabo de média inserção, fino e terminando por abundante tufo de cerdas e v) coxas regularmente descaídas e de mediano desenvolvimento. Os membros são de comprimento médio, delgados e bem aprumados, terminando por pés pequenos de unha rija (Reis, 1995). Os suínos da raça Alentejana caracterizam-se pelo seu temperamento vivo e pouco dócil. São animais vigorosos, rústicos e resistentes à fadiga, o que se torna uma característica fundamental para o seu regime de exploração (Reis, 1992). Por fim, e apesar de ter um bom instinto maternal, o suíno Ibérico tem uma baixa prolificidade e um pequeno número de tetos funcionais (Rodríguez et al., 1994).

O sistema de produção suína baseado na montanha que existe atualmente é resultado do contributo dos diferentes povos que foram povoando a península Ibérica (Freitas, 1998). Existem referências históricas do tempo do domínio Romano, que apreciavam muito os produtos cárnicos da Hispânia (Daza, 1996). Nos séculos XII e XIII aparecem referências ao montado no Foral de Évora e subsequentemente no Foral de Beja, que o gado não pagasse montado em nenhuma terra (Moniz, 1995). Já no século XVI há referências à criação de suínos nos montados do Alentejo (Magalhães, 1993).

O primeiro recenseamento do efetivo suíno no Alentejo refere a existência de 236.118 animais (Andrade, 1938) e até aos anos 50 do século XX não se registaram alterações de ordem maior, havendo inclusive um aumento do efetivo (Tabela 1).

Tabela 1. Efetivo suíno no Alentejo (1849-1955)

Ano	Efetivo suíno no Alentejo
1849 ^a	236.118
1852 ^b	206.667
1870 ^b	207.228
1925 ^c	309.673
1935 ^c	427.780
1940 ^c	375.601
1955 ^c	399.456

Fontes: a – Andrade (1938);

b – Recenseamento geral dos Gados no Reino de Portugal de 1870 citado por Freitas (1998);

c – Arrolamento Geral de Gados de 1925, 1935, 1940 e 1955 citados por Freitas (1998).

O suíno Alentejano foi, de longe, a principal fonte de energia e de proteínas de origem animal, que alimentou o povo Alentejano (Nunes, 2002), tendo representado até

à década de 50 do século XX cerca de 50% do efetivo suinícola nacional (Nunes, 1993). Até esta década, altura em que se iniciaram importantes transformações na suinicultura nacional e em particular no Alentejo, a exploração do suíno Alentejano foi pedra basilar da economia rural que caracteriza a região (Neves, 1998).

Em 1951, lançaram-se as bases do fomento do suíno de carne visando a substituição parcial do suíno Alentejano por outro com mais carne e menos gordura, aconselhando-se os cruzamentos de machos Large White com porcas Alentejanas (Pimentel, 1977). Esta tendência acentuou-se nos anos seguintes com o aparecimento do Suíno Alentejano Melhorado, resultado do cruzamento de machos Landrace com porcas Alentejanas (Frazão, 1984), originando o desenvolvimento da suinicultura intensiva baseada na utilização de raças de carne, na utilização massiva de alimentos compostos e no avultado investimento em instalações (Freitas, 1998).

Em 1957 surge o primeiro foco de PSA, que encontra no sistema extensivo de exploração do suíno Alentejano um ótimo meio de propagação, disseminando-se por todo o Alentejo (Frazão, 1984). O aparecimento da PSA repercutiu-se na evolução dos mercados, já que originou grandes oscilações da produção de suínos de montanha e forneceu argumentos aos que defendiam que a produção do suíno magro era a única que interessava ao consumo direto e à indústria, bem como aos defensores de uma suinicultura sem os condicionalismos da exploração agrícola (Tavares, 1983).

Aliado a estes factos, verificou-se uma alteração dos hábitos alimentares das populações, as quais passaram a exigir carne de suíno com menos gordura. A propaganda comercial e o emprego crescente das gorduras de origem vegetal em detrimento das gorduras de origem animal provocaram um decréscimo nas matanças de suíno Alentejano (Frazão, 1984). Conjuntamente com o êxodo rural e a mecanização da agricultura, houve uma diminuição drástica dos efetivos, o abandono de vastas áreas de montado (Nunes, 1993) e inclusive a perda, ditada fundamentalmente pela monocultura de cereais, de muitas áreas de montado que foram adaptadas ao plantio de cereais (Franco, 2011). Na década de 80, a diminuição do efetivo de suínos de raça Alentejana foi de tal forma acentuada que se correu o risco da raça se extinguir (Frazão, 1984). Este autor referia que “(...) havia mantas de bolota já apodrecida sob as azinheiras, (...)” as azinheiras abatem-se pelo preço alto do carvão, tende-se a passos largos para a

desertificação das terras magras do Alentejo-Sul, e é o suíno, pela sua falta, de que só ao homem cabe por inteiro a responsabilidade, o grande fator deste desmando ecológico”.

Até à década de 80, a suinicultura extensiva não tinha enquadramento legal, sendo os investimentos excluídos dos programas de apoio. A produção estava desorganizada, não existindo nenhuma associação de criadores. A indústria de salsicharia não demonstrava interesse pela carne desta raça e as poucas oficinas tradicionais tinham grande dificuldade em continuar a laborar. A baixa produtividade numérica das porcas, a reduzida dimensão dos efetivos, o ciclo produtivo muito longo e as dificuldades de comercialização, tornavam a exploração tradicional de suínos no Alentejo economicamente pouco viável, quando comparada a outras atividades agropecuárias fortemente subsidiadas (Nunes, 1993).

A raça de suíno Alentejana declinou chegando-se assim a 1985 com 4947 porcas registadas (Antunes e Oliveira, 1985)

No final dos anos 80, os problemas de poluição começaram a ser associados à produção intensiva (nomeadamente de suínos) e a internacionalização progressiva dos custos ambientais impôs novas condicionantes aos produtores e aos poderes públicos. As questões relacionadas com a qualidade da carne e dos produtos e o bem-estar animal tornam-se prioritárias, assistindo-se a um renovado interesse por sistemas alternativos de produção (Casabianca, 1996; Devish, 1995; Pires da Costa, 1990; Soares da Costa, 1984).

Em 1992 implementou-se a reforma da Política Agrícola Comum (PAC) e desta emergiu um novo sistema de valores apontando para a integração das componentes agrícola, ambiental e rural dos sistemas de produção. A necessidade de manter um número elevado de agricultores ligados à terra, a utilização de métodos de produção menos intensivos, a proteção do ambiente e o incentivo de formas de atividade económica suscetíveis de contribuir para a fixação da população rural e reforçar a economia dessas regiões, tornou-se prioritário (Covas, 1993). Também em Portugal, devido ao novo enfoque na extensificação da produção, na proteção e valorização dos produtos de qualidade, na fixação de ativos nas zonas rurais, na conservação dos espaços e no bem-estar dos animais, as populações animais exploradas em sistemas agro-silvo-pastoris readquiriram importância. A produção de suíno Alentejano passou a ser abrangida por um novo quadro de apoio, registando-se alterações positivas a nível da organização, da transformação e comercialização (Freitas, 1998).

Os produtores organizaram-se na Associação de Criadores de Suíno Alentejano (ACPA) e na Associação Nacional dos Criadores de Suíno Alentejano (ANCPA) e estas uniram-se, em 1992, na União de Associações dos Criadores do Suíno de Raça Alentejana (UNIAPRA), que ficou responsável pela gestão do Livro Genealógico da Raça Suína Alentejana (Franco, 2011)

A proteção e certificação da carne e dos produtos transformados, através do uso de Denominações de Origem e/ou de Indicação Geográfica, ao garantir junto dos consumidores a sua genuinidade e qualidade, foi um instrumento fundamental para incrementar a procura destes produtos. A existência de um segmento de mercado de qualidade superior, em expansão, possibilitou o desenvolvimento do sector da transformação, assistindo-se à abertura de novas unidades industriais de fabrico de presuntos e enchidos. Estas alterações permitiram que a produção extensiva de suíno Alentejano deixasse de ser uma atividade incerta, destinada ao mercado das matanças caseiras e dos leitões para assar, tornando-se organizada e vocacionada para a produção de carne e de produtos transformados de elevada qualidade (Fernandes et al., 2008).

Depois de parecer condenada a desaparecer durante as últimas décadas do século XX, a produção suína extensiva parece reaver uma nova importância socioeconómica (Neves, 1998), como se pode verificar pela Tabela 2.

Tabela 2. Registo de inscrições anuais no Livro Genealógico

Ano	Leitões	Fêmeas	Machos
1985*		4947	
1995	1350	-	-
1996	7209	251	24
1997	9966	857	110
1998	12556	1236	133
1999	21374	1534	312
2000	24119	1790	193
2001	29480	2455	259
2002	37205	1822	194
2003	36506	1536	164
2004	21732	1710	197

Fontes: *Antunes e Oliveira (1985); Franco (2011)

Até ao final da primeira década do século XXI houve um aumento no efetivo suíno de raça Alentejana, sendo que em 2011, e segundo dados da ANCPA, existiam em Portugal 60.000 suínos de montanha, pertencentes a 400 criadores cujas explorações ocupam uma área de 150.000 hectares, e estavam inscritas no Livro Genealógico Português de Suínos 10.000 porcas de raça Alentejana (Franco, 2011).

Fernandes et al. (2008) referem que num contexto de alterações recentes da PAC, com o desligamento das ajudas à produção e a aplicação do regime de pagamento único, as empresas agrícolas estão obrigadas a implementar planos de exploração mais orientados para o mercado, em que os rendimentos dos produtos comercializados deverão suportar os custos reais e atribuídos inerentes a cada atividade praticada. No que respeita à atividade suíno Alentejano, o modelo de produção baseado no recurso a alimentos compostos, quer para reprodutores, quer para os animais até à entrada em montanha ou na totalidade da recria/acabamento para carne fresca ou indústria de salsicharia, necessitará de ser revisto. Isto devido, segundo os mesmos autores, à provável continuidade em alta dos preços das matérias-primas mais utilizadas no fabrico de alimentos, e à possibilidade de que o aumento dos preços dos suínos poderá não acompanhar esse aumento das matérias-primas, ou sequer acontecer.

O aumento significativo do número de explorações com efetivos de raça suína Alentejana, explorados não apenas em regime extensivo, mas também em regime intensivo originou, nos anos 2005-2009, uma oferta de animais superior à procura, com a consequente redução dos preços pagos ao produtor. Esta situação agravou-se com a crise económico-financeira que se instalou em Espanha e em Portugal e com a escalada dos custos de produção, principalmente da alimentação de pré-montanha, comprometendo a viabilidade económica da atividade e originando uma redução significativa dos produtores e dos efetivos de suíno Alentejano. Nos últimos cinco anos, muitos produtores têm desistido da produção de Suíno Alentejano, devido à acentuada diminuição da rentabilidade da atividade, tendo-se assistido a uma forte redução dos efetivos de Suíno Alentejano, estimando-se que, em 2012, existiam cerca de 6.000 porcas reprodutoras. Apesar das dificuldades recentes, os indicadores do último ano apontam para uma melhoria da situação, consolidada no aumento da procura de animais e na recuperação dos preços pagos aos produtores, principalmente, dos produtos de montanha. A elevada qualidade destes produtos está associada ao elevado consumo

de bolota, que confere aos suínos Alentejanos engordados na montanha um elevado teor em gordura intramuscular (IMF – *intramuscular fat*) e um característico perfil de AG (ácido oleico/ácido linoleico – C18:1/C18:2) e que parece ser reforçada pelos antioxidantes e compostos voláteis presentes na erva. (Freitas, 2014).

2.2 Sistemas de produção

A produção do suíno Ibérico está profundamente ligada ao ecossistema mediterrânico. É um caso raro, na suinicultura mundial, em que o suíno colabora significativamente na preservação do ecossistema (Daza et al., 2008).

O suíno Alentejano muito naturalmente tomou o nome da região onde vive desde há séculos (todo o Alentejo e concelhos limítrofes). Excepcionalmente rústico, duma resistência impressionante que lhe advém do seu equilíbrio hormonal hipofisário, está perfeitamente adaptado ao sistema extensivo e às condições climáticas da região (Frazão, 1984). Desde tempos remotos que o suíno Alentejano é explorado em regime extensivo, fazendo parte e perfeitamente integrado num sistema agro-silvo-pastoril bem definido, onde a montanha representava o elemento estratégico do sistema de produção (Fernandes et al., 2008).

Os montados são formações semi-florestais mediterrânicas, tipicamente ibéricas, compostas por espécies do género *Quercus*, geralmente a azinheira (*Q. rotundifolia*) e o sobreiro (*Q. suber*), embora existam pequenas áreas onde dominam o carvalho-negral (*Q. pyrenaica*) ou o carvalho-cerquinho (*Q. faginea*), que apresentam uma estrutura artificial de parque ou de quase savana, nomeadamente quando em fase de degradação. São formações relativamente abertas em que dominam os estratos arbóreo e herbáceo (natural ou induzido), acompanhados por um estrato arbustivo ou sub-arbustivo dominado e temporário. Os montados resultaram da intervenção sobre os bosques climáticos espontâneos, por ação de aclaramento e destruição do sub-bosque (típica do montado de azinho) ou sobre a charneca arbustiva resultante da degradação anterior do bosque, ou ainda por ação de fomento do estrato arbóreo e controle do sub-bosque (típica do montado de sobreiro) com fins de utilização agro-silvo-pastoril (Palma et al., 1986).

Os montados, ao proporcionarem recursos alimentares renováveis de baixo custo, são indispensáveis ao funcionamento dos sistemas tradicionais de produção de suínos Alentejanos e Ibéricos, animais que utilizam otimamente os subprodutos agrícolas de baixo valor económico, nomeadamente a bolota, a lande e a erva (Freitas, 1998).

Os recursos alimentares do montado dependem de vários fatores, particularmente da densidade das árvores. Uma baixa densidade origina uma reduzida produção de frutos, enquanto que um excesso de árvores compromete a produção herbácea (Freitas, 1998). O peso, o tamanho e a forma da bolota apresentam muitas variações entre espécies, indivíduos e zonas, tal como a sua composição, a qual é também influenciada por variações no próprio processo de maturação e pela ação de agentes externos (humidade, parasitas, etc.). A lande é muito rica em glúcidos (80% da matéria seca (MS)) e em lípidos (5-10% MS) com uma concentração em C18:1 superior a 60% dos lípidos totais. No entanto, a percentagem de proteína é muito baixa (4-6% MS) (Rodríguez-Estévez et al., 2008).

A azinheira começa a produzir fruto a partir dos cinco anos, mas só a partir dos vinte e cinco origina uma boa produção, alcançando aos cinquenta a plena produção e a máxima aos cem anos (Medina Blanco, 1956). Quanto ao sobreiro, este começa a produzir fruto por volta dos quinze a vinte anos, mas só depois dos trinta ou quarenta é que a produção de lande começa a ter interesse económico, obtendo-se as produções mais abundantes entre os cinquenta e cento e cinquenta anos (Natividade, 1950).

O segundo recurso alimentar proporcionado pelos montados é a vegetação herbácea, natural ou melhorada, cujas produções são ainda mais irregulares, tanto em quantidade como em qualidade. O clima mediterrânico e os solos são responsáveis por rendimentos fracos da pastagem e condicionam fortemente a evolução da sua composição botânica e do valor nutritivo ao longo do ano (D'Abreu, 1992).

Assim, no sistema silvo-pastoril a bolota e a lande constituem uma fonte energética fundamental no acabamento do suíno Alentejano, a qual é complementada pela proteína disponibilizada pelas gramíneas e leguminosas do sob-coberto arbóreo e arbustivo e por alguns alimentos que os suínos desenterram e ingerem (Freitas, 1998).

A montanha é um recurso limitado que apenas se encontra disponível durante uma época do ano, e ainda assim sujeito a variações de ano para ano, o que faz com que o produtor se depare com frequência com a existência de um número de animais

desadequado à capacidade de montanha de que dispõe (Santos et al., 2005). Assim um dos aspetos críticos na alimentação do suíno em montanha é determinar qual o número e distribuição de suínos que esta suporta (López-Bote, 1998).

O montado português no seu conjunto ocupava, em 1998, uma área próxima de um milhão e duzentos mil hectares, 463.800 hectares de azinho e 719.400 hectares de sobre (Franco, 2011).

2.2.1 Sistema de produção tradicional

No sistema de produção tradicional, no extensivo, a criação do suíno é condicionada pelos recursos disponíveis: a montanha de Novembro a Fevereiro; as ervas primaveris de Março a Abril, juntamente com tubérculos, raízes, lesmas e até mesmo alguns pequenos répteis; e o aproveitamento dos *agostadouros* (restolho de cereais) de Julho a Agosto. O período de grande carência é então o que vai de Agosto a Outubro, altura em que os suínos são suplementados (Nunes, 1993).

Em função das disponibilidades alimentares das explorações, o efetivo reprodutor neste sistema variava entre as 20 e 60 porcas, sendo na maioria das explorações constituído por 40 a 50 porcas. A função reprodutiva inicia-se entre os 12 e 14 meses de idade, prolongando-se até aos 5 anos, ou 4 anos no caso dos varrascos. A cobrição é feita em liberdade, durante 15 a 20 dias, utilizando-se um varrasco para 3 a 8 porcas. As porcas fazem uma criação na Primavera, entre Março e Maio, (chamada *erViça* ou *ervana*, porque a alimentação dos bácoros se baseia na erva), e outra no Outono, entre Setembro e Novembro (chamada *outoniça* ou *montanha*, porque utiliza o montado). Nalgumas explorações as partições ocorrem em Janeiro e Julho, (denominando-se *janeirinha* à primeira e *veraniça* ou *espiguenha* à segunda). A pastagem constitui o principal recurso alimentar das porcas e apenas nas épocas mais críticas se recorre à suplementação com cereais, leguminosas, restos da apanha da azeitona, bagaço de azeitona, restolhos ou farelos, consoante os recursos disponíveis (Frazão, 1984).

Os leitões até aos 20-25 dias de idade ingerem apenas o leite materno. Com um mês ou um mês e meio de idade começam a sair para a pastagem e recebem alguma cevada. Como se pretende gastar o mínimo, a alimentação dos suínos *erViços* baseia-se na erva e

nos *agostadouros*, onde aproveitam algum grão, enquanto que os *outoniços* se contentam com alguma erva se ocorre uma *outonada* precoce e os restos da bolota deixados pelos suínos engordados no montado (Frazão, 1984; Vacas, 1944), o que condiciona o seu crescimento e alonga o ciclo de produção (Fernandes et al., 2008).

O sistema silvo-pastoril tradicional terminava com a montanha: engorda intensiva dos animais nos montados de azinho e sobro, durante os três ou quatro meses que decorriam entre o final de outubro, princípios de Novembro, e os fins de Fevereiro (Carvalho, 1964).

Durante a engorda em montanha, a alimentação fortemente energética possibilitava a obtenção de ganhos médios diários extremamente elevados. No final do século XVIII, os suínos de raça Alentejana eram cevados nos montados entre os 18 meses e os 2 anos de idade, sendo abatidos com 200 ou mesmo 250 kg (Lima, 1865). Já nos anos 50 do século XX, entravam na montanha suínos com 15 a 20 meses de idade, sendo engordados até aos 150 a 170 kg (Frazão, 1984).

Assim sendo, o sistema tradicional de produção do suíno Alentejano engloba três fases principais, as quais definem a sua curva de crescimento: a fase de cria, que está compreendida entre o nascimento e o desmame, normalmente feito às 8 semanas, a fase de recria, que compreende o período entre os dois meses de idade e o início da fase de engorda; e a fase de engorda, em montanha (Neves, 1998). O ciclo produtivo deste animal caracteriza-se por regimes de pós-desmame e pré-acabamento nutricionalmente pobres e por um acabamento tardio, fortemente amiláceo, que origina uma produção marcadamente sazonal (Nunes, 1993).

2.2.2 Novos sistemas de produção

Nos últimos anos, a indústria suína Ibérica desenvolveu-se consideravelmente com a incorporação de métodos e técnicas modernas de produção e processamento. Técnicas modernas de alimentação e manejo são agora vulgarmente utilizadas, em alguns casos combinadas com práticas tradicionais (Daza et al., 2008).

As modalidades de produção atuais conservam os traços dominantes e as características mais interessantes do sistema de produção tradicional, nomeadamente a engorda de suínos na montanha associada e complementando a exploração de porcas

reprodutoras. A utilização de alimentos compostos e o encurtamento do ciclo de produção são as principais alterações introduzidas no sistema de produção. Atualmente, não existe um sistema de produção uniforme, já que as épocas de cobrição, o manejo alimentar, o peso e idade de entrada dos animais em montanha, bem como o peso de abate, variam de exploração para exploração (Fernandes et al., 2008).

Na atualidade, a produção de suíno de raça Alentejana visa, por um lado, o fornecimento de matéria-prima para a indústria de transformação (presuntos e enchidos) e por outro a produção de carne para consumo em fresco (Freitas et al., 2007).

No que diz respeito às explorações de porcas reprodutoras, os efetivos variam entre 5 e 100 fêmeas, continuando na generalidade das explorações a utilizarem-se as malhadas tradicionais, embora se tenha assistido à introdução do sistema *camping* (Freitas, 1998), a utilização do qual foi generalizada nas explorações de porcas reprodutoras. A vida reprodutiva inicia-se ao ano de idade e as porcas são cobertas duas vezes por ano, com algumas explorações a optarem pela divisão do efetivo em dois lotes, implicando quatro épocas de parto (Fernandes et al., 2008; Freitas et al., 2006). Os principais parâmetros reprodutivos das porcas Alentejanas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros reprodutivos da raça suína Alentejana

Início da vida reprodutiva	Fêmeas	8-10 meses
	Machos	12 meses
Vida útil		5 anos
Ciclo reprodutivo		21 dias
Duração do cio		12-36 horas
Duração da gestação		112-115 dias (média de 114 dias)
Duração do parto		4-6 horas
Tamanho da ninhada	Nascimento	7,3 leitões
	21 dias	6,1 leitões
	Desmame	5,9 leitões

Fonte: Freitas et al. (2006)

Os leitões nascidos no final do Verão e/ou Outono, são orientados predominantemente para a produção de matéria-prima destinada à indústria de

presuntos, sendo recriados e posteriormente engordados na montanha. Da segunda parição escolhem-se os animais de substituição, destinando-se os restantes à indústria de enchidos, à produção de carne para consumo em fresco e ao mercado de leitões para assar (Fernandes et al., 2008).

Se na maioria das explorações apenas são utilizados reprodutores de raça Alentejana, noutras é frequente o cruzamento de porcas Alentejanas com varrascos de raças precoces, principalmente Duroc e Landrace, nomeadamente na parição que não se destina à montanha (Freitas, 1998).

Como apresentado na Tabela 4, os leitões Alentejanos nascem com um peso vivo (PV) oscilando entre os 1,1 e 1,3 kg, sendo alimentados com leite materno até ao desmame, que se efetua entre os 45 e 60 dias de idade e cerca de 10 a 14 kg PV. Após esta fase de cria, os leitões entram no período de recria, incluindo a fase após o desmame (entre os 14 e 25 kg PV e uma duração aproximada de um mês) e a fase de crescimento (entre os 25 kg PV e a entrada em montanha ou o abate) (Freitas et al., 2006).

Nos animais que se destinam à engorda em montanha, também é usual incluir no período de recria a fase de pré-montanha, compreendida entre Julho e Outubro, a qual antecede a entrada dos animais nos montados (Fernandes et al., 2008).

Tabela 4. Parâmetros produtivos da raça suína Alentejana

Peso vivo	Nascimento	1,1 – 1,3 kg	
	1º mês	5,0 – 7,0 kg	
	Desmame (2º mês)	10 – 14 kg	
	3º Mês (Final da recria)	14 – 25 kg	
Ganho médio diário	Nascimento ao desmame	150 – 250 g/dia	
	Recria	150 – 350 g/dia	
	Crescimento	150 – 450 g/dia	
	Acabamento em montanha	650 – 1000 g/dia	
Peso e idade ao abate	Carne fresca	90 – 100 kg	8 – 14 meses
	Enchidos	120 – 140 kg	14 – 20 meses
	Presunto	150 – 170 kg	14 – 24 meses

Fonte: Freitas et al. (2006)

A par de explorações onde os suínos iniciam a engorda em montanha com uma idade de 14 a 15 meses, existem outras que utilizam animais mais jovens, encurtando o ciclo de produção e aumentando a rentabilidade. Em termos gerais, à entrada da montanha os suínos têm entre 9 e 15 meses de idade e um PV entre 60 e 80 kg, sendo abatidos entre os 12 e 18 meses de idade, com um PV variando entre os 100 e 130 kg. Em algumas explorações, mercê da realização de contratos com a indústria transformadora, os animais iniciam a montanha com um peso mais elevado (80-90 kg PV), de forma a atingirem um peso final de 140 a 150 kg PV (Freitas, 1998).

Na montanha, a abundância de fruto e seu elevado consumo, conduz a elevados ganhos médios diários, pelo facto de a bolota ser um fruto fortemente energético, pobre em fibra e proteína. Por outro lado, a complementação proteica é fraca, visto a montanha ser um período onde há fraca produção herbácea e o suíno ser um animal não herbívoro, não aproveitando totalmente a erva (Macarro, 1987).

Na produção de carne de suíno Alentejano para consumo em fresco, os suínos são abatidos entre os 8 e os 14 meses de idade e um PV variando entre 90 e 100 kg, embora se admitam carcaças com um peso mínimo de 50 kg PV e máximo de 120 kg PV (Fernandes et al., 2008).

A duração do ciclo de produção depende essencialmente do tipo de produto final: leitão para assar, carne para consumo em fresco, matéria-prima para indústria de enchidos ou indústria de presunto (Fernandes et al., 2008).

Nos atuais sistemas de produção de suínos do Tronco Ibérico, o sistema semi-extensivo pode ser considerado como um ajustamento do sistema tradicional às novas realidades económicas. Procura-se encurtar a duração do ciclo de produção, mediante um crescimento sustentado e contínuo dos animais, no período que antecede a engorda em montanha (Nunes, 1993). Neste sentido, uma das principais alterações introduzidas no sistema produtivo foi a melhoria da alimentação dos animais. As porcas são suplementadas nas fases críticas de gestação e lactação, os leitões recebem alimentos compostos desde a 3ª semana de idade até ao desmame e os suínos são suplementados com cereais ou alimentos compostos nas épocas de menores disponibilidades de recursos naturais de forma a atingirem o peso desejado (60-90 kg PV) no início da montanha (Freitas, 1998).

A manipulação da alimentação destes animais, não só é quantitativa, mas também qualitativa. Desde a última década do século XX, dietas mistas são enriquecidas em

gorduras insaturadas (C18:2), a fim de evitar a síntese endógena destas gorduras e atingir pontos de fusão da gordura mais baixos, semelhantes (26-27 °C) e ainda mais baixos aos da gordura de suínos alimentados em montanha. Esta estratégia de alimentação conduziu a um aumento da suscetibilidade da carne à oxidação lipídica, a um alargamento no processo de amadurecimento dos presuntos e a uma diminuição acentuada na qualidade sensorial dos produtos (López-Bote, 2001). Por fim, nos últimos anos, tem-se verificado uma tendência para incluir ingredientes ricos em gorduras monoinsaturadas (C18:1), em dietas mistas e com uma suplementação de α -tocoferol (200 mg/Kg) com o propósito de conseguir um perfil adequado de AG e de uma qualidade da carne semelhante ao da carne de suínos criados em montanha (Daza et al., 2008, 2005b; Isabel et al., 2003; Rey et al., 2004).

2.3 Tecido muscular

O tecido adiposo e o tecido muscular representam dois componentes essenciais da carne de suíno (Neves, 1998), designando-se por carne, o conjunto dos tecidos muscular, adiposo e conjuntivo. O músculo esquelético é o principal constituinte do tecido muscular da carne. Com a exceção dos animais excessivamente gordos, os músculos esqueléticos constituem a maior parte (35 a 65%) do peso da carne das carcaças dos animais (Forrest et al., 1979).

A diferenciação e crescimento do tecido muscular esquelético, fatores determinantes da capacidade de produção de massa muscular, são devidos a dois processos biológicos fundamentais: a proliferação celular e a deposição proteica. A proliferação celular, que pode ser dividida em fase pré-natal e pós-natal, tem um grande impacto no desenvolvimento do músculo. Por fim o processo de deposição proteica depende do balanço entre a síntese e a degradação proteica (Allen et al., 1979).

2.3.1 Composição química

A composição média do músculo esquelético no mamífero adulto (em % de peso fresco) é de 75% de água, 19% de proteína, 2,5% de lípidos, 1,2% de carboidratos (essencialmente glicogénio), 1,6% de compostos azotados não proteicos e 0,7% de outras substâncias (minerais e vitaminas). Estes valores variam com vários fatores como a espécie, raça, idade e até com o tipo de músculo (Lawrie, 2006a).

As proteínas são dos componentes mais abundantes da carne, superados unicamente pela água e em alguns casos pela gordura. As proteínas da carne podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade em três grandes grupos: sarcoplasmáticas (hemoglobina, mioglobina, citocromos, entre outras), miofibrilares (miosina, actina, tropomiosina e troponina), e insolúveis ou conjuntivas (colagénio e elastina) (Ordóñez et al., 1998). Entre os componentes básicos da carne o mais variável, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo é a fração lipídica (Warriss, 2000), a qual é analisada em mais detalhe em capítulo próprio.

2.3.2 Estrutura

O músculo esquelético, como demonstra a Figura 1, é essencialmente composto por fibras musculares, envolvidas por uma membrana celular delicada, o sarcolema, situado imediatamente abaixo do endomísio, com o qual mantém uma íntima associação (Lefaucheur, 1989).

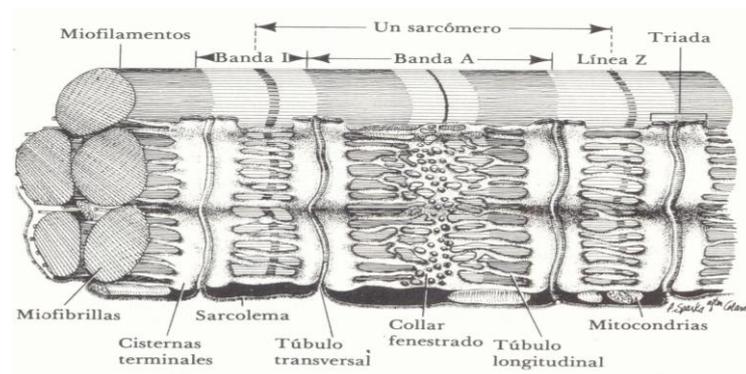


Figura 1. Estrutura de uma fibra muscular esquelética

Fonte: Ordóñez et al. (1998)

No interior do sarcolema encontram-se os componentes característicos da célula animal como núcleos, mitocôndrias (ou sarcossomas), complexo de Golgi e citoplasma (ou sarcoplasma), assim como as miofibrilas. As miofibrilas são os elementos contráteis intracelulares longos que medem cerca de 1µm de grossura e são diretamente responsáveis pelo aspeto estriado característico que apresenta a carne em cortes longitudinais (Forrest et al., 1979).

O tecido conjuntivo da carne está associado à estrutura muscular. Existe uma lâmina externa, denominada epimísio, que envolve cada músculo e a partir da qual partem uma série de septos que rodeiam os feixes de fibras musculares, juntamente com

vasos sanguíneos e nervos, o perimísio. Do perimísio, parte para o interior um retículo de tecido conjuntivo denominado endomísio, que rodeia cada fibra muscular (Lawrie, 2006a; McCormick, 1992)

As miofibrilhas (Figura 2) apresentam várias bandas transversas representadas por dois tipos de filamentos que se sobrepõem, os filamentos grossos e os filamentos finos. Os primeiros, contendo miosina, ocupam a banda A, enquanto que os filamentos finos, contendo actina, troponina e tropomiosina, ocupam a banda I (Lawrie, 2006a). Cada banda I é dividida em duas porções por uma linha Z. A unidade repetitiva encontrada entre duas linhas Z é o sarcómero, que é a unidade contráctil da miofibrilha (Listrat et al., 2016). A zona H apresenta-se perfeitamente limitada no músculo descontraído, tornando-se a banda A uniformemente densa no músculo em contração. A linha M, sempre visível, parece ser constituída por delicadas fibrilhas que ligam a parte intermédia dos filamentos grossos (Lawrie, 2006a).

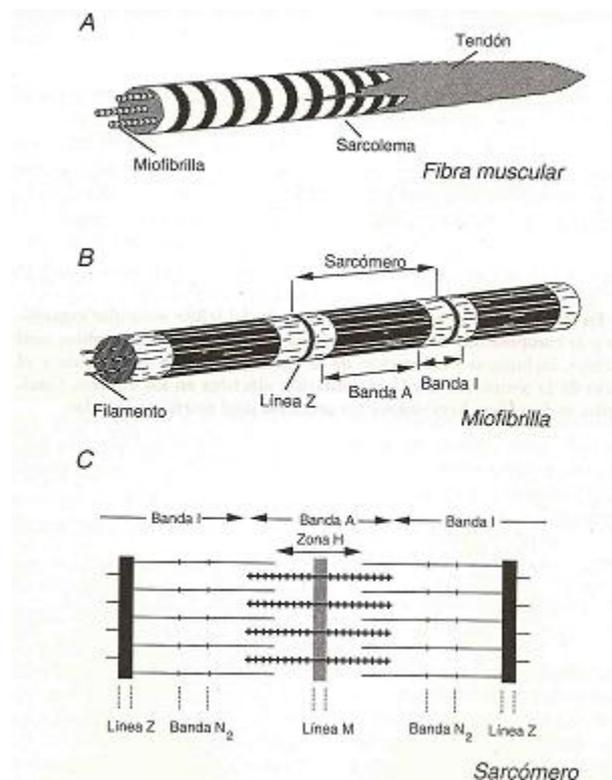


Figura 2. Esquemas: A-Estrutura de uma fibra muscular esquelética; B-Miofibrilha; C-Sarcómero

Fonte: Ordóñez et al. (1998)

2.3.3 Características funcionais e metabólicas do músculo esquelético

O músculo esquelético (de contração voluntária) consiste numa mistura de fibras com diferentes propriedades contráteis e metabólicas (Karlsson et al., 1993), como exemplificado na

Tabela 5.

Tabela 5. Constituição muscular esquelética do ponto de vista funcional

Componente genérico	Componente Específico	Função
Proteínas contráteis	Actina, miosina, troponina e tropomiosina	Contração muscular
Proteínas reguladoras	Calmodulina	Interfere no acoplamento do cálcio a enzimas
Enzimas musculares	Desidrogenase láctica (LDH)	Interfere na glicólise
	Creatinoquinase (CK)	Interfere no metabolismo do ATP
Proteínas de transporte de O ₂	Mioglobina	Transporte de O ₂
Componentes fosfatados	ATP	Energética
Iões divalentes	Cálcio	Modula a contração muscular
	Magnésio	Interfere no relaxamento

Fonte: Martínez e Alvarez-Mon (1999)

Os músculos podem ser simplifadamente categorizados em vermelhos (oxidativos) e brancos (glicolíticos) com base na mioglobina que contêm. Este pigmento vermelho de armazenamento de oxigénio, encontra-se em altas concentrações nos músculos que têm uma ação relativamente lenta, repetitiva ou contínua, e obtêm a energia pela oxidação das reservas de glicogénio. Os músculos brancos, por sua vez, atuam em explosões rápidas e intermitentes, durante as quais obtêm a sua energia anaerobiamente, convertendo o glicogénio em ácido láctico (Lawrie, 2006a).

Os músculos estão formados por uma população heterogénea de fibras musculares, que diferem principalmente na sua velocidade de contração e metabolismo. Assim, segundo as suas características metabólicas, as fibras musculares classificam-se principalmente em fibras de tipo I, IIA e IIB (Tabela 6). As primeiras têm uma alta capacidade oxidativa e escassa ou nula capacidade glicolítica. As fibras tipo IIB apresentam um metabolismo predominantemente glicolítico, enquanto que as fibras IIA têm um metabolismo intermédio entre as duas anteriores (Brooker e Kaiser, 1970).

Tabela 6. Características dos diferentes tipos de fibra

Denominação	I	IIA	IIB
Propriedade ^a	Contração lenta oxidativa	Contração rápida	Contração rápida glicolítica
Coloração ^a	Vermelha	Vermelha	Branca
Velocidade de contração ^a	Lenta	Rápida resistente	Rápida fatigável
Atividade miosina ATP-ase ^a	Baixa	Alta	Alta
Fonte de ATP ^a	Fosforilação oxidativa	Fosforilação oxidativa	Glicólise
Retículo sarcoplasmático ^a	Pouco desenvolvido	Intermédio	Muito desenvolvido
Rede capilar ^a	Abundante	Abundante	Escassa
Diâmetro da fibra ^a	Pequeno	Intermédio	Grande
Atividade funcional ^a	Manutenção de postura	Contrações moderadas isoladas	Contrações intensas
Velocidade de fadiga ^a	Lenta	Intermédia	Rápida
Glicogénio ^b	Muito baixo	Elevado	Elevado
Triacilgliceróis ^b	Elevado	Médio	Muito Baixo
Fosfolípidos ^b	Elevado	Alto	Muito Baixo
Mioglobina ^b	Elevada	Alta	Muito Baixa
Capacidade de memória ^b	Muito Baixa	Média	Elevada

Fonte: a- Martínez e Alvarez-Mon (1999); b-adaptado de Lefaucheur (2010)

É aceite que os músculos glicolíticos contêm menos gordura que os oxidativos porque usam melhor o glicogénio como fonte de energia. Assim, os músculos de fibras brancas (tipo IIB) são menos ricos em lípidos, quer de estrutura (fosfolípidos e colesterol) quer de reserva (triacilgliceróis). Dito de outra forma, o conteúdo em fosfolípidos e em AG polinsaturados (PUFA – *polyunsaturated fatty acids*) parece estar fortemente relacionado com o tipo metabólico das fibras, aumentando o seu teor com a atividade oxidativa dos músculos (Essén-Gustavsson, 1993; Lefaucheur, 1989).

As fibras musculares são estruturas dinâmicas com alta plasticidade que podem mudar de um tipo para outro de acordo com o seguinte percurso obrigatório: I↔IIA↔IIB (Schiaffino e Reggiani, 1996).

Os músculos LD e SM contêm uma grande percentagem de fibras do tipo IIB (80 a 90%) logo, baixa capacidade oxidativa, e o BF uma maior proporção de fibras do tipo I

do que o LD (Christensen et al., 2004; Karlsson et al., 1993). Por outro lado, segundo Andrés et al. (1999) os músculos BF e SM têm uma menor percentagem de fibras tipo IIB (48 e 56% respetivamente) do que o LD.

Raças selecionadas para um crescimento mais rápido e menor teor de gordura têm uma percentagem mais elevada de fibras rápidas (IIB) e metabolismo glicolítico mais forte do que raças nativas, não selecionadas (Karlsson et al., 1993)

Uma maior quantidade de fibras do tipo IIA e menor do tipo IIB no músculo LD e SM de suínos criados ao ar livre comparativamente a suínos criados em confinamento, foram reportadas em vários estudos (Bee et al., 2004; Gentry et al., 2004). No entanto, noutros estudos, para o músculo BF e SM não foram encontradas diferenças (Andrés et al., 2001, 1999).

O suíno ibérico criado em extensivo apresenta nas primeiras etapas de vida um conteúdo em fibras oxidativas (vermelhas – tipo I) maior que o de outras raças (Mayoral et al., 1995). Estas modificações funcionais das fibras, resultantes do aumento da proporção de fibras vermelhas e da capacidade oxidativa, repercutem-se, por um lado na cor mais escura da carne devida à maior presença de mioglobina no músculo, já que fibras oxidativas têm mais mioglobina que as catalíticas (Lawrie, 2006a; Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991) e por outro na evolução pós-morte do pH (Neves, 1998).

2.3.4 Transformação post-mortem vs conversão do músculo em carne

Logo após a morte do animal há uma série de alterações físicas, químicas e bioquímicas, que levam à transformação do músculo em carne, sendo as principais alterações a instalação de rigidez cadavérica e a diminuição do pH, dois fenómenos estreitamente relacionados. Com a paragem da circulação sanguínea, cessa o fornecimento de oxigénio e glucose aos músculos, ficando estes em estado de anoxia e dependentes exclusivamente das suas reservas energéticas, provocando desta maneira uma desorganização no tecido muscular (Monin, 1988).

Um funcionamento harmonioso precisa de um equilíbrio entre o consumo e a produção de trifosfato de adenosina (ATP). Duas vias metabólicas são usadas para

regenerar ATP no músculo esquelético, ou seja: a) o caminho aeróbio ou oxidativo, através do qual glicogénio, glicose, corpos cetónicos, aminoácidos e lípidos podem ser oxidados na mitocôndria com uma alta exigência de oxigénio; b) o anaeróbico ou glicolítico, através do qual o glicogénio é rapidamente convertido, no sarcoplasma, para ácido láctico com nenhuma exigência de oxigénio (Lefaucheur, 2010).

Em músculos vivos, a produção de ATP é dependente dos AG livres, da glucose ou do glicogénio armazenado nas fibras musculares (Warriss, 2000). No esforço de manter o nível de ATP, em condições de anaerobiose, o músculo converte o glicogénio existente em ácido láctico. Mas o ATP produzido por esta via é insuficiente para compensar a hidrólise anaeróbia, e com a formação de ácido láctico o pH desce para valores próximos de 5,5 a 5,7, o que trás como consequência a desnaturação das proteínas e inibição do sistema enzimático, cessando a glicólise. Quando já não é possível re-sintetizar ATP, a actina e a miosina ligam-se irreversivelmente (formando actomiosina), ficando os músculos progressivamente mais duros e conduzindo ao fenómeno *rigor mortis* (Lister et al., 1983). O tempo que leva a instalar-se o *rigor mortis* depende de fatores que afetam o nível de glicogénio e de fosfato de creatina aquando da morte do animal, bem como da taxa de metabolismo muscular *post-mortem*. O processo de acidificação em suínos dura normalmente, cerca de 4 a 8 horas, sendo que o pH final varia entre os músculos do mesmo animal. Após um período variável de tempo, dá-se uma resolução progressiva do *rigor mortis* e a rigidez dos tecidos atenua-se (Warriss, 2000).

O *rigor mortis* desenvolve-se em três fases. Enquanto alguns processos metabólicos ainda estão a decorrer, e se aplicando-se força no músculo este ainda sofre alguma extensão, o animal está na primeira fase do *rigor mortis*. Quando a perda de ATP se torna limitativa e o músculo começa a ficar rígido, o animal está na segunda fase de *rigor mortis*. Por fim quando os músculos estão completamente rígidos entra-se na terceira fase do *rigor mortis* e diz-se que este está completamente instalado. Ainda não completamente entendido é o processo de resolução do *rigor mortis* (Kerth, 2013). Se bem que é unanimemente reconhecido que o processo de resolução do *rigor mortis* resulta do amaciamento da estrutura miofibrilar, e que este é maioritariamente enzimático na sua natureza e envolve sistemas proteolíticos endógenos dos quais se destacam as catepsinas, as calpains e as proteassomas (Herrera-Mendez et al., 2006).

Christensen et al., (2004) refere que a taxa de degradação proteolítica é mais rápida em músculos brancos do que em músculos vermelhos.

O tipo de fibra muscular também afeta o metabolismo muscular *post-mortem*. Fibras de contração rápida, geralmente têm um metabolismo mais rápido e dependem da glicólise para produção de energia. Fibras de contração lenta têm um metabolismo mais lento e dependem do metabolismo oxidativo. Em conformidade as fibras de contração rápida esgotam as reservas de glicogénio mais rapidamente e passam pelas fases de *rigor mortis* mais depressa que as fibras de contração lenta (Kerth, 2013).

Outro fator que influencia o metabolismo muscular *post-mortem*, pode ser a aptidão física dos animais. Com o incremento da aptidão física, os músculos geram relativamente menos ATP através do catabolismo anaeróbico, quando sujeitos a uma determinada carga de trabalho. Isto reduz a formação de ácido láctico e poupa glicogénio (Petersen et al., 1997).

2.4 Tecido adiposo

O suíno de raça Alentejana tem um limitado potencial de desenvolvimento muscular mas uma elevada capacidade de deposição de tecido adiposo (Freitas et al., 2007), sendo que neste animal, a gordura é a componente quantitativamente mais importante da carcaça (Neves, 1998).

2.4.1 Distribuição do tecido adiposo na carcaça

A gordura acumula-se principalmente em quatro depósitos: cavidade corporal, zona subcutânea, e gordura inter e intramuscular (Ordóñez et al., 1998).

A gordura interna (cavidade corporal) é constituída pela gordura perirenal e mesentérica, que se encontram distribuídas ao longo das membranas serosas que rodeiam os órgãos das cavidades viscerais. A gordura subcutânea, constituída pela gordura dorsal, da barriga, da papada, do peito e da perna constitui o maior depósito e está localizada entre a capa interna da pele e a superfície da massa muscular. Os lípidos intermusculares acumulam-se na bainha de tecido conjuntivo que envolve cada músculo individualmente, encontrando-se assim entre a superfície externa de dois ou mais músculos contíguos. Os lípidos intramusculares seguem as lâminas de tecido conjuntivo

que penetram no músculo para envolver os feixes de fibras, fazendo assim parte da estrutura muscular (Geri, 1988).

2.4.2 Estrutura

Há duas variedades de tecido adiposo, com distribuição, estrutura, fisiologia e patologia diferentes: o tecido adiposo comum, amarelo ou unilocular, cujas células, quando completamente desenvolvidas, contêm apenas uma gotícula de gordura que ocupa todo o citoplasma; e o tecido adiposo pardo ou multilocular, formado por células que apresentam numerosas gotículas de gordura e muitas mitocôndrias, evidência do seu alto papel metabólico, particularmente na termogênese (Junqueira e Carneiro, 2004).

O tecido adiposo do suíno é composto por lóbulos de células adiposas suportadas por uma matriz de tecido conjuntivo. Embora constituindo menos de 30% do número total de células do tecido, as células adiposas ocupam o maior volume no tecido maduro uma vez que os lípidos que contêm formam 70 a 90% da massa do tecido. O tecido conjuntivo constitui aproximadamente 2,5% da massa total. A água está presente no tecido maduro, representando entre 5 e 20% deste (Enser, 1983). Várias células constituem o tecido adiposo: adipócitos cheios com lípidos, pré-adipócitos ainda não diferenciados, adipoblastos, células conjuntivas e endoteliais e elementos do nervo (Forrest et al., 1979; Remacle e Hauser, 1989).

A unidade funcional do tecido adiposo é o adipócito com os capilares sanguíneos associados. A célula madura é poliédrica ou globular, podendo atingir um diâmetro superior a 150µm, de acordo com as espécies, nutrição e localização anatômica (Remacle e Hauser, 1989). As células adiposas estão unidas por fibras conjuntivas, constituindo aglomerados dispostos em ilhotas mais ou menos volumosas. Os adipócitos têm uma forma ovoide, contendo mitocôndrias, ribossomas livres, retículo endoplasmático, núcleo assente contra a membrana plasmática e uma só inclusão lipídica que se situa na periferia da massa citoplasmática (Girard et al., 1988).

2.4.3 Composição química

O tecido adiposo é composto fundamentalmente por lípidos, água e proteínas, sendo que a sua proporção varia (Carvalho, 2009).

Os lípidos são substâncias que se encontram nos tecidos animais e vegetais, insolúveis em água mas solúveis em solventes orgânicos (benzol, éter e clorofórmio). Atuam como portadores de elétrons, transportadores de substratos em reações enzimáticas, componentes das membranas biológicas e como reserva de energia, podendo ser classificados segundo a sua complexidade como indica a Figura 3 (McDonald et al., 2010).

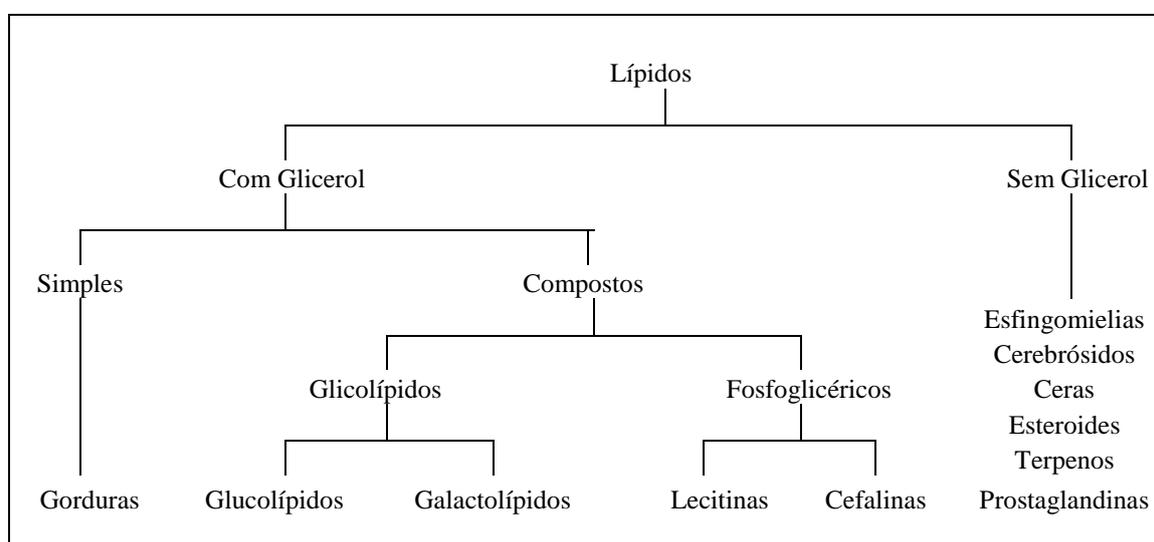


Figura 3. Classificação dos lípidos

Fonte: adaptado de McDonald et al. (2010)

Os componentes maioritários dos lípidos são os AG. Estes são formados por uma cadeia hidrocarbonada (de comprimento variável) em cujos extremos existe um grupo metilo (CH_3) e outro carboxilo (COOH) (Madsen et al., 1992).

Os AG, segundo a sua estrutura química podem dividir-se em dois grupos fundamentais, AG saturados (SFA – *saturated fatty acids*) e insaturados (UFA – *unsaturated fatty acids*). Os SFA não possuem duplas ligações, são flexíveis e sólidos à temperatura ambiente. Os UFA têm duplas ou triplas ligações, são rígidos ao nível da dupla ligação, apresentando uma textura líquida à temperatura ambiente (Morrison e Boyd, 1996).

Na Tabela 7, são apresentados os AG encontrados nos tecidos animais.

Tabela 7: Ácidos Gordos comumente encontrados nos tecidos animais

Nome Sistemático	Nome Comum	Notação Delta	Notação Omega	Saturação
Dodecanoico	Laurico	C12:0		Saturado
Tetradecanoico	Mirístico	C14:0		Saturado
Hexadecanoico	Palmítico	C16:0		Saturado
Cis-9-Hexadecanoico	Palmitoleico	C16:1	C16:1 n-7	Monoinsaturado
Heptadecanoico	Margárico	C17:0		Saturado
Cis-7-Heptadecanoico	Margaroleico	C17:1	C17:1 n-7	Monoinsaturado
Octadecanoico	Estearico	C18:0		Saturado
Cis-9-Octadecanoico	Oleico	C18:1	C18-1 n-9	Monoinsaturado
Trans-11- Octadecanoico	Vacémico	C18:1	C18:1 n-7	Monoinsaturado
Cis-9,12- Octadecanoico	Linoleico	C18:2	C18:2 n-6	Polinsaturado
Cis-9,12,15- Octadecanoico	Linolénico	C18:3	C18:3 n-3	Polinsaturado
Eicosamonoenoico		C20:1	C20-1 n-9	Monoinsaturado
Docosanoico	Behémico	C22:0		Saturado
Cis-13- Docosanoico	Eurícico	C22:1	C22:1 n-9	Monoinsaturado

Fonte: adaptado de Sánchez (2002)

A presença ou não de duplas ligações nos AG tem efeitos diretos sobre o ponto de fusão e outras propriedades, sendo estas também influenciadas pela configuração geométrica que os UFA apresentam (Figura 4). A que aparece naturalmente, a configuração “cis” (em detrimento da configuração “trans”), gera interações hidrofóbicas entre as cadeias dos AG (Madsen et al., 1992).

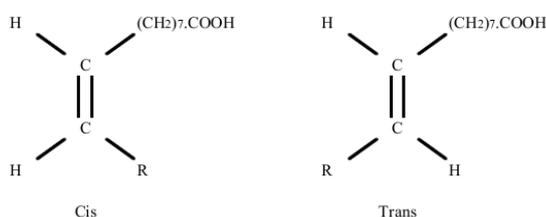


Figura 4. Configurações *cis* e *trans* de ácidos gordos insaturados

Fonte: McDonald et al. (2010)

Nos tecidos animais, os AG encontram-se como parte de estruturas mais complexas como os acilgliceróis e os lípidos polares (LP). Os acilgliceróis pertencem ao grupo de

lípidos ou gorduras neutras e podem definir-se como ésteres de glicerol e AG. O glicerol pode estar esterificado por um, dois ou três AG, pelo que podem formar mono, di ou triacilgliceróis, os quais são maioritários nos lípidos dos tecidos animais (Sánchez, 2002).

Os lípidos do tecido adiposo subcutâneo do suíno são constituídos maioritariamente por triacilgliceróis (lípidos de reserva ou depósito), que representam mais de 98% da fração lipídica. A fração insaponificável com 0,2 a 0,5% é constituída por tocoferóis, esteróis e hidratos de carbono (Girard et al., 1988).

Os lípidos do tecido muscular são constituídos por triacilgliceróis e fosfolípidos (lípidos estruturais), sendo que a proporção de fosfolípidos presentes varia de 16 a 34% dos lípidos totais de acordo com o tipo de músculo (Nieto e Flores, 1985), e estes para executarem a sua função como constituintes das membranas celulares, têm um teor de PUFA muito superior (Wood et al., 2008).

O conteúdo total de fosfolípidos e de PUFA parecem estar fortemente associados ao tipo metabólico das fibras musculares. A quantidade de fosfolípidos e de PUFA aumenta com a atividade oxidativa dos músculos (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991; Wood et al., 2003)

Entre os tipos de músculo, o conteúdo de fosfolípidos é relativamente constante (ou seja, variando de 0,5 a 1% do músculo fresco), enquanto que o conteúdo de triacilgliceróis nos músculos é altamente variável (Wood et al., 2008).

O teor de IMF varia de acordo com a localização do músculo, idade, raça, genótipo, dieta e sistemas de produção (Hocquette et al., 2010; Lebret, 2008). Por exemplo, raças europeias nativas, como a raça suína Ibérica, têm níveis mais elevados de IMF do que suínos convencionais, tais como Large White, Landrace ou Pietrain (Bonneau e Lebret, 2010). O teor de IMF varia de 1 a cerca de 6%, do peso do músculo LD, em suínos convencionais, enquanto que em raças suínas nativas (como por exemplo a Ibérica) atinge, valores de até 10% (Lebret, 2008).

2.4.4 *Metabolismo lipídico*

O crescimento do tecido adiposo resulta de um aumento do número de células (hiperplasia) e do tamanho individual da célula (hipertrofia). O número de adipócitos no animal adulto é relativamente constante, pelo que a expansão do tecido adiposo ocorre principalmente por hipertrofia. Após os 5 meses de idade o desenvolvimento do tecido adiposo nos suínos é quase unicamente dependente da hipertrofia dos adipócitos (Henry, 1977). Segundo Anderson e Kaufman (1973), o desenvolvimento do tecido adiposo nos suínos é caracterizado por três fases consecutivas: (1) fase entre os 7 a 20 kg PV, onde é predominante a hiperplasia; (2) fase entre os 20 a 70 kg PV, onde há um equilíbrio entre hiperplasia e hipertrofia; (3) fase após os 70 kg PV, onde é predominante a hipertrofia.

Nos suínos, a síntese lipídica e posterior deposição segue uma ordem cronológica, havendo primeiramente uma deposição no tecido adiposo subcutâneo, seguido do intermuscular e finalmente o intramuscular, dependendo esta ordem não do peso do animal mas da idade. Assim o teor em tecido adiposo intramuscular não depende do peso ao abate mas sim da idade do animal (Lee e Kauffman, 1974). Assim a IMF é o último tecido adiposo a desenvolver-se (Anderson et al., 1972; Lee e Kauffman, 1974), e comporta-se de maneira diferente dos outros depósitos de gordura (Gondret e Lebret, 2002).

Segundo Lee *et al.* (1974), a IMF é composta por células imaturas quando comparado com outros tecidos adiposos, além disso aparenta ter uma atividade enzimática significativamente menor. Existe assim uma relação entre a atividade de enzimas lipogénicas e a magnitude do volume das células do tecido adiposo, e a utilização de glicose na produção de triacilgliceróis tem uma maior taxa em populações de células de maiores dimensões.

O tecido adiposo funciona como órgão endócrino segregando moléculas bioativas, denominadas adipocitocinas, (Guerre-Millo, 2003). No entanto a principal função do adipócito é armazenar energia por acumulação de triacilgliceróis, quando a ingestão de energia é excessiva, e restaurá-la durante períodos de jejum. A deposição de gordura no tecido adiposo resulta do equilíbrio entre (1) absorção da circulação sanguínea de AG por meio da ação da lipoproteína lípase ou síntese exógena, (2) da lipogénese *de novo* ou síntese endógena, através da glicose e acetato encontrados no plasma, (3) lipólise

assegurada pela hormona lípase sensível e (4) oxidação lipídica *in situ* através de β -oxidações nas mitocôndrias (Boone et al., 2000).

O tecido adiposo está envolvido na resposta rápida às mudanças de influxo e refluxo de lípidos, de acordo com as pressões resultantes da ingestão de lípidos da dieta, e as necessidades em energia, respetivamente (Gurr, 1988).

O grau de deposição de gordura em músculos esqueléticos depende do equilíbrio entre a síntese e a degradação de triacilgliceróis (Bernlohr et al., 2002). Este facto implica que não só a lipogénese, mas também a lipólise e o transporte de AG estão envolvidos na deposição de IMF. Assim, uma maior deposição de IMF pode ser atribuída a uma maior capacidade de lipogénese e transporte de AG e a menor capacidade de lipólise (Zhao et al., 2009).

Vários autores (Morales et al., 2002; Mourot e Kouba, 1998) encontraram, uma maior atividade lipogénica com, conseqüentemente, um maior teor de IMF, em raças rústicas em comparação com raças selecionadas.

Os AG da dieta são depositados sem sofrerem modificações químicas pelo que os depósitos de gordura refletem em grande parte a composição em AG da dieta (Osório et al., 1985). No caso dos lípidos intramusculares, a composição de AG tem uma relação menos marcada com os lípidos encontrados na dieta (Lebret et al., 1998), no entanto, esta relação é mais pronunciada quando a dieta inclui uma grande percentagem de UFA (Mourot et al., 1992).

Os UFA são melhor digeridos que os SFA, sendo que os acilgliceróis são melhor absorvidos que os AG livres, e os acilgliceróis com AG localizados na posição 2, são melhor absorvidos que aqueles que têm AG na posição 1 (Lewis e Hill, 1983).

Os PUFA C18:2 e linolénico (C18:3) não podem ser sintetizados *in situ*, assim, as suas concentrações nos tecidos adiposos respondem rapidamente às mudanças na dieta. Em contraste, os SFA (palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0)) e os AG monoinsaturados (MUFA – *monounsaturated fatty acids*) palmitoleico (C16:1) e C18:1 são sintetizados *de novo*, daí as suas concentrações serem menos prontamente influenciadas pela dieta (Wood, 1984).

Os principais ácidos gordos do tecido adiposo do suíno são de cadeia longa, o C16:0, C18:0 e C18:1, os quais podem ser sintetizados no próprio tecido (Madsen et al., 1992).

A síntese endógena de AG a partir de pequenas moléculas desempenha um papel importante na engorda dos suínos, e o tecido adiposo é o local privilegiado, senão exclusivo para a síntese de AG a partir da glicose (Gurr, 1988; Henry, 1977).

A síntese endógena de AG, a partir da glicose no tecido adiposo subcutâneo, decresce muito à medida que os animais se tornam mais velhos e mais gordos. Contudo a síntese de triacilgliceróis a partir dos AG da dieta permite a continuação da acumulação de tecido adiposo, apesar da redução da capacidade de síntese endógena (Etherton e Allen, 1980).

2.5 Características físico-químicas da carne

2.5.1 Composição química bruta

Dependendo do tipo de fibras que constituem os músculos, estes têm uma tendência diferente para a deposição de IMF, concentração de pigmentos e a sua composição em fosfolípidos e AG varia (Wood et al., 1994), o que foi confirmado por Cava *et al.* (2003) e Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991). Assim, músculos oxidativos contêm mais fosfolípidos e menos lípidos neutros (LN) e IMF que os glicolíticos (Cava et al., 2003b), e isso deve-se segundo Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991), a que os músculos “vermelhos” (oxidativos) contêm mais mitocôndrias que os glicolíticos.

O tecido muscular contém um menor teor de humidade que o tecido adiposo e este teor, segundo Estévez et al. (2003) e Ribeiro et al. (2007), apresenta uma correlação negativa forte com o teor em lípidos intramusculares (observados no mesmo músculo).

2.5.2 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade de importância fundamental em termos de qualidade tanto na carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização. Pode ser definida como a capacidade que a

carne tem de reter a sua humidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem (Roça, 2000).

No músculo, a água encontra-se sob duas formas, a água “ligada” (água de constituição) e a água “livre”, representando a primeira 5 a 10% e a segunda 90 a 95% do total de água no músculo. A água “livre” encontra-se imobilizada nos espaços extracelulares (20 % da água “livre”) e retida pelo retículo sarcoplasmático (10% da água “livre”). A água “ligada” encontra-se fixada por forças electrostáticas aos grupos funcionais hidrófilos das proteínas do músculo (Figura 5). A maior quantidade de água do tecido muscular encontra-se no estado “livre” e nos espaços interfibrilares, sendo as proteínas miofibrilares as principais responsáveis pela retenção de água no músculo (Monin, 1988).

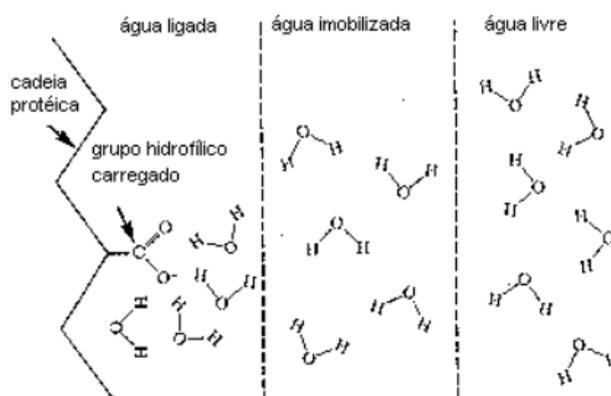


Figura 5. Água ligada, imobilizada e livre na carne

Fonte: adaptado de Forrest et al. (1979).

Os principais fatores que influenciam a perda de água por gotejamento, são o estabelecimento do fenómeno *rigor mortis*, em que há o estabelecimento de ligações entre as proteínas miofibrilares, actina e miosina e/ou pela redução do pH até valores perto do ponto isoelétrico das proteínas (5,5), o que provoca uma retração das cadeias polipeptídicas, e a redução das cargas negativas dos filamentos, reduzindo as forças electrostáticas repulsivas. Qualquer destes fatores faz reduzir o espaço miofibrilar, diminuindo a aptidão da carne à retenção de água (Girard e Brucharles, 1985).

A formação de ácido láctico e a conseqüente queda do pH *post-mortem* são responsáveis pela diminuição da CRA da carne. Essas reações causam uma desnaturação e perda da solubilidade das proteínas musculares, ou seja, o número de cargas negativas. Conseqüentemente, estes grupos não têm capacidade de atrair água, pois somente os grupos hidrofílicos carregados possuem esta capacidade. A CRA é

menor em pH de 5,2 a 5,3, ou seja, no ponto isoelétrico da maior parte das proteínas musculares. Se o pH fica acima do ponto isoelétrico, desaparecem as cargas positivas ficando um excesso de cargas negativas que determinam a repulsão dos filamentos, deixando mais espaço para as moléculas de água (Roça, 2000).

A redução da CRA após a morte do animal é inevitável, mesmo que a reserva de glicogénio no músculo seja muito baixa, pois a glicólise *post-mortem* só cessa se o pH final inativar as enzimas responsáveis pela degradação do glicogénio. Para além disso a perda de ATP leva à formação do complexo actina-miosina, que leva à redução da CRA, mesmo que o pH reduza lentamente (Lawrie, 1988).

Na mesma carcaça os diferentes músculos têm diferentes CRA. Este facto está associado com o tipo de fibras que constituem o músculo, tendo os músculos vermelhos (lentos, oxidativos) uma CRA superior aos músculos brancos (rápidos, glicolíticos). Isto deve-se ao facto dos músculos brancos conterem um teor mais elevado de glicogénio, o que se reflete numa descida de pH mais acentuada, diminuindo desta maneira a CRA (Monin, 1988).

2.5.3 pH

O fenómeno bioquímico mais importante, do ponto de vista da transformação do músculo em carne, é a degradação do ATP em adenosina difosfato e em fosfato inorgânico sob a ação de enzimas dotadas de atividade ATPásica do tecido muscular. Esta hidrólise do ATP liberta os protões que acidificam o músculo, provocando assim a diminuição do pH muscular (Girard et al., 1991).

Uma descida normal de pH no músculo é caracterizada por uma descida progressiva de cerca de 7 no músculo vivo, para um pH de 5,6 a 5,7 passadas 6 a 8 horas após o abate, até alcançar um pH final de 5,3 a 5,7 às 24 horas (Lister et al., 1983).

Após o abate, o glicogénio é convertido em ácido láctico, que se acumula no músculo. Um rápido incremento da concentração de ácido láctico num músculo ainda quente resulta numa extensa desnaturação proteica e altera as propriedades da carne (Bendall et al., 1962 citado por Karlsson et al., 1999).

Se a descida do pH ocorre antes da descida de temperatura da carne, ocorre uma desnaturação parcial das proteínas musculares, o que provoca um aumento do exsudado na superfície da carne (carne “aberta”), devido à perda de CRA das fibras musculares

(carne PSE - *Pale, Soft, Exsudative*). Estas alterações na estrutura e na CRA fazem com que a carne tenha um aspeto mais brilhante devido à exsudação de água e ao aumento da reflexão da luz (Lawrie, 2006b).

Por outro lado, quando antes do abate os animais são sujeitos a períodos prolongados de stresse, fadiga e hipertermia, origina-se um esgotamento de glicogénio nos músculos o que leva a que haja uma quebra brusca no teor de ATP muscular após o abate, com uma baixa acumulação de ácido láctico. Nestas condições o pH final é elevado (6,0 a 6,2) o que leva a uma baixa desnaturação das proteínas criando-se assim uma carne de estrutura “fechada”, com elevada CRA, aparência seca, dura e escura (carne DFD - *Dark, Firm, Dry*) (Santoro, 1988).

Segundo Neves (1998), no suíno de raça Alentejana não foram registados casos de carnes PSE, o que se pode dever à sua marcada rusticidade e carácter acomodatório, e ao tipo de fibras que predominam nos músculos. Já a carne DFD pode ter importância nesta raça, pois apesar desta ter tendência a reagir menos ao stress crónico, o facto das condições de transporte e sacrifício dos animais levarem com frequência a um esgotamento do glicogénio, pode originar um pH final elevado.

A velocidade de descida e o valor final de pH dependem das características fisiológicas do animal, do potencial glicolítico na altura do abate, e da composição e estrutura dos músculos, sendo estes por sua vez influenciados pelo tipo metabólico das fibras, idade e genótipo do animal em causa (Monin, 1988).

A quantidade de glicogénio está relacionado com o tipo metabólico das fibras, sendo as fibras do tipo II (glicolíticas) mais ricas em glicogénio, este facto vai repercutir-se no pH após abate. Desta maneira pode-se explicar a diferença de pH entre músculos (Neves, 1998).

Nos músculos vermelhos o sistema enzimático degrada o glicogénio em ácido láctico de forma relativamente lenta, e uma vez que estes músculos usualmente possuem uma quantidade limitada de glicogénio, o pH final obtido tende a ser relativamente elevado. Por outro lado, nos músculos brancos as enzimas correspondentes são mais ativas provocando uma taxa de glicólise mais rápida (nas mesmas condições) e, uma vez que o conteúdo de glicogénio armazenado é maior, uma maior redução no pH final (Lawrie, 1988).

O exercício físico desenvolvido pelo suíno ibérico aumenta a atividade respiratória por parte das fibras e leva a um aumento do conteúdo de mioglobina e dos depósitos musculares de glicogénio, o que permitirá alcançar nos processos *post-mortem* um pH suficientemente baixo (Huertas, 1990).

2.5.4 Pigmentos totais

Os pigmentos da carne são formados na sua maior parte por proteínas: a hemoglobina, que é o pigmento sanguíneo e a mioglobina, o pigmento muscular que constitui 80 a 90% dos pigmentos totais. Podem-se encontrar na carne outros pigmentos como a catalase (hidroperoxidase) e citocromo-enzimas, mas a sua contribuição para a cor é muito menor. A mioglobina é formada por uma porção proteica denominada globina e uma porção não proteica denominada grupo heme. (Roça, 2000).

O teor de pigmentos pode ser considerado como um critério de maturidade da carne e é afetado pela idade, genótipo e sistema de produção (Monin, 1988).

O teor em pigmentos tende a aumentar com a atividade física, e apresenta correlações negativas com o teor de lípidos intramusculares, mas tem pouca influência sobre a qualidade da carne (Monin, 2000).

2.5.5 Cor

A quantidade de mioglobina varia com a espécie, sexo, idade, localização anatómica do músculo e atividade física, o que explica a grande variação de cor na carne. Fatores como o stresse, a queda de pH e o pH final da carne também exercem efeitos na cor da carne (Roça, 2000).

Na carne fresca a molécula de mioglobina pode encontrar-se em três formas químicas distintas (Figura 6). Quando o ferro da hematina se encontra em estado reduzido ou ferroso (Fe^{2+}) temos desoximioglobina, de cor vermelho purpura, que se designa mais usualmente por mioglobina. Nesta forma ferrosa o ferro da hematina pode combinar-se com gases e em especial com o oxigénio formando a oximioglobina que é o pigmento responsável da cor vermelho brilhante da carne fresca. Quando o ferro do grupo da hematina se oxida passando ao estado férrico (Fe^{3+}), obtém-se a metamioglobina, de cor castanha (Shikama, 1990).

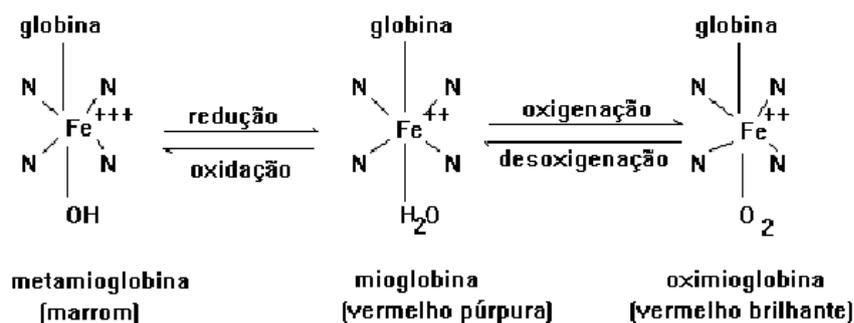


Figura 6. Oxigenação e oxidação da mioglobina

Fonte: Roça (2000)

A evolução do pH após o abate é um fator determinante sobre a coloração, afetando a estrutura da superfície da carne e a proporção de luz refletida. Se o pH permanece elevado, as fibras proteicas deixam-se penetrar pelos raios luminosos absorvendo uma parte importante destes, traduzindo-se numa cor mais escura. Se o pH for superior a 6, as mitocôndrias continuam a funcionar consumindo o oxigênio e prevenindo que haja uma oxigenação tão intensa da mioglobina, ficando esta na sua forma reduzida (coloração púrpura). Se o pH por sua vez descer muito, este provoca modificações acentuadas nas proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, diminuindo a difusão da luz na carne, e favorecendo também a oxidação da mioglobina em metamioglobina, apresentando a carne um aspeto mais pálido, característico de carnes exsudativas (Girard e Brucharles, 1985).

O uso dos parâmetros estabelecidos pelo CIE (*International Commission on Illumination*) em 1976 converteu-se no método mais frequente no estudo da cor da carne e produtos cárneos.

De acordo com MacDougall (1988) em termos psicofísicos a cor da carne pode ser definida por:

Brilho (luminosidade – L^*), que depende da quantidade de luz refletida pela superfície colorida.

Ângulo de Tono (tonalidade – $H^\circ = \arctg(b^*/a^*)$), é determinado pelo comprimento de onda da luz refletida e descreve a cor vermelho/verde (a^*) e amarelo/azul (b^*).

Croma (cromaticidade – $C = (\sqrt{a^{*2}+b^{*2}})$), que expressa a concentração das substâncias corantes no objeto, isto é, a intensidade da cor (fixo o tono, este atributo descreve a similitude com a cor pura do espectro).

Saturação, (Saturação = C/L^*) que indica a proporção de cor pura relativamente ao seu brilho.

A composição das fibras musculares influencia a cor de carne, devido à quantidade e ao estado químico da mioglobina. O alto conteúdo em mioglobina das fibras tipo I e IIA resulta numa relação positiva entre a proporção destas fibras e a intensidade de cor vermelha (Suman e Joseph, 2013).

2.5.6 Colagénio Total e Solúvel

A rede de tecido conjuntivo do músculo esquelético é um fator que contribui para a textura da carne. Constituída predominantemente por proteínas de colagénio, forma a matriz estrutural que confere forma e suporte aos componentes celulares do músculo e é o meio de transmissão e absorção da força originada pela contração muscular. O alinhamento das moléculas de colagénio permite a formação de fibrilhas e a sua estabilização através de ligações covalentes cruzadas confere resistência tênsil à matriz de colagénio (McCormick, 1992).

Segundo Bailey (1985) a distribuição do colagénio nos músculos pode ser dividida em três hierarquias diferentes: epimísio, perimísio e endomísio.

Em animais jovens o epimísio contém primeiramente ligações termo lábeis, o perimísio apresenta uma mistura de ligações termo lábeis e termo estáveis, e o endomísio ligações termo estáveis. À medida que o animal cresce as ligações termo lábeis intermédias são convertidas em ligações maduras termo estáveis (Light e Champion, 1984). No geral os músculos locomotores possuem mais ligações termo estáveis que os músculos posturais (Zimmerman et al., 1993).

O conteúdo total de colagénio não aumenta e inclusive diminui com a idade (McCormick, 1992). No entanto aumentam o número de ligações estáveis entre as moléculas de colagénio, conferindo-lhe insolubilidade (Robins et al., 1973).

2.6 Fatores que afetam as características físico-químicas e teor lipídico da carne

O desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de suíno resultam dos efeitos interativos de: (1) sistema de produção, que influenciam a atividade física e necessidades alimentares; (2) composição e nível alimentar; e (3) genótipo, especialmente em sistemas de produção específicos com raças locais de suíno (Lebret, 2008).

Os principais fatores que regulam a acumulação lipídica no tecido adiposo do suíno parecem estar mais relacionados com a lipogénese do que com a lipólise. O desenvolvimento do tecido adiposo é influenciado por fatores genéticos e alimentares. Os primeiros podem trazer mudanças mais ou menos importantes aos processos morfológicos (celularidade) e metabólicos (lipogénese, lipólise), enquanto os segundos permitem limitar a adiposidade da carcaça, através do controlo quantitativo da ingestão alimentar, quer pela restrição alimentar de acordo com o potencial de crescimento do músculo, quer limitando a concentração de energia na alimentação *ad libitum* (Henry, 1977).

No suíno de raça Alentejana as características do tecido muscular parecem estar essencialmente relacionadas com o genótipo e o manejo produtivo extensivo, enquanto as do tecido adiposo são fundamentalmente atribuídas ao tipo de alimentação, em particular na fase de engorda (Neves, 1998).

Segundo Cava *et al.* (1996) a carne de suínos Ibéricos criados em sistemas extensivos tem, em relação a suínos comerciais criados em sistemas intensivos, percentagens de IMF e mioglobina superiores, maior proporção de LN e menor de LP, além de ser mais rica em MUFA, em particular o C18:1.

2.6.1 Genótipo

O conteúdo em gordura é sempre maior nos animais que tenham sido submetidos a uma menor seleção genética (Ordóñez *et al.*, 1998), sendo que a generalidade dos

estudos sobre as características e desenvolvimento do suíno de raça Alentejana tem demonstrado a especificidade genética desta raça (Freitas et al., 2007).

Vários estudos demonstraram que os músculos de raças suínas rústicas, quando comparadas com raças selecionadas, contêm maior quantidade de lípidos intramusculares e pigmentos heme ((Cava et al., 2004, 2003b; Morales et al., 2002), e segundo Cava et al., (2004) o tipo/quantidade de enzimas que vão afetar a composição de AG da IMF estão dependentes de fatores genéticos inerentes à raça do animal.

O suíno Ibérico, por exemplo, possui um metabolismo adipogénico altamente desenvolvido que conduz ao depósito, nos seus tecidos corporais, de uma elevada quantidade de gordura (Cava e Andrés, 2001).

O marcado carácter adipogénico do suíno de raça Alentejana leva a que grande parte da gordura depositada tenha origem endógena (Santos et al., 2005), pois o grau de insaturação dos lípidos é mais baixo nos animais mais gordos do que nos menos gordos, em resultado da maior ou menor diluição dos PUFA (de origem estritamente alimentar) no seio de uma massa de lípidos de origem endógena e exógena (Lebret et al., 1998).

Além disso teores mais elevados de MUFA nas raças rústicas podem ser, segundo Edwards (2005), uma consequência de diferenças na síntese *de novo*, na taxa de renovação lipídica e no incremento da capacidade destes animais de depositar MUFA com o aumento da idade.

2.6.2 Alimentação

Diferentes estratégias nutricionais durante o período de crescimento e engorda podem modificar a composição de IMF (Gondret e Lebret, 2002) já que nos suínos os AG da alimentação são depositados diretamente nos tecidos sem modificação química (Santos et al., 2005). Desta forma, é possível influenciar a composição de AG da carne pelo controle da alimentação dos animais (Rossi et al., 2010).

O elevado grau de adiposidade da carcaça do suíno Alentejano poderá ser atribuído ao seu carácter adipogénico, associado ao manejo alimentar fortemente energético na fase de engorda (Frazão, 1984).

Numa alimentação com o mesmo nível energético um aumento do teor de lípidos leva a uma redução na síntese endógena no tecido adiposo subcutâneo, mas com pouco efeito no tecido adiposo intramuscular (Allee et al., 1972). Esta diminuição da lipogénese endógena resulta de uma redução dos hidratos de carbono na dieta (amido), que promovem a síntese *de novo*. Esta redução leva a uma falta de substrato para a síntese endógena de AG e a uma inibição direta dos lípidos provenientes do alimento e das enzimas lipogénicas, sendo que o grau de inibição das enzimas depende da saturação dos AG na dieta (Mourot e Hermier, 2001).

A composição de AG da dieta tem uma relação menos marcada com os lípidos intramusculares do que com os subcutâneos (Lebret et al., 1998), mas esta relação é mais pronunciada quando a dieta contém uma alta percentagem de UFA (Mourot et al., 1992). Dietas ricas em MUFA (C18:1, principalmente) ativam a formação de C18:1 a partir do C18:0, enquanto a presença de PUFA (C18:2) produzem uma inibição da formação de MUFA a partir do SFA correspondente (Chang et al., 1992).

Os triacilgliceróis do tecido adiposo intramuscular apresentam uma taxa de renovação lenta (mais de 150 dias), sendo a sua composição o reflexo não só da última fase de acabamento mas também das primeiras fases. Por outro lado, os LP têm uma taxa de renovação mais rápida (40 a 90 dias) sendo um reflexo do perfil em AG da dieta do final da fase de acabamento. A alimentação em montanha, rica em C18:1, tem como resultado um aumento dos níveis de C18:1 nos triacilgliceróis, ao contrário do que acontece com suínos alimentados com concentrados pobres em oleico, que apresentam na IMF níveis inferiores de C18:1 e superiores de SFA como demonstra a Figura 7 (Cava et al., 1999).

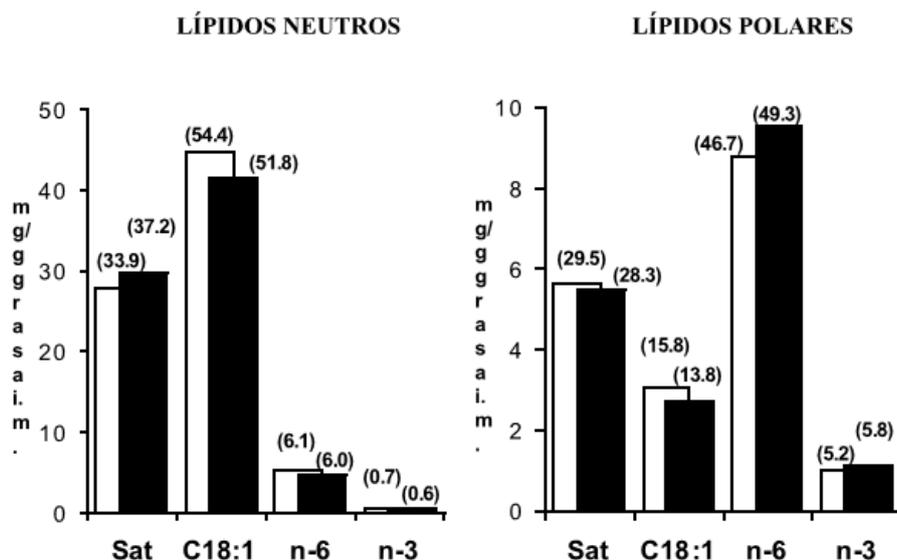


Figura 7. Efeito da alimentação sobre a composição em AG

(mg/g gordura intramuscular) dos lípidos neutros e polares de suínos alimentados em montanha □ e com concentrado ■. Os valores entre parênteses pertencem às percentagens totais de AG (Sat: C16:0+C18:0; C18:1: Ác. Oleico; n-6: C18:2+C20:4; n-3: C18:3) Fonte: Cava et al. (1999).

A produção em sistema extensivo fornece uma fonte essencial de AG, nomeadamente C18:3 e tocoferóis originários da pastagem (Cava et al., 2003b). A pastagem fornece proteína e é rica em AG n-3, que influenciam as características de sabor dos produtos (López-Bote, 1998; Wood et al., 2003), e são do ponto de vista de saúde humana de muito interesse (Wood et al., 2003). α - e γ -tocoferóis são também fornecidos pela pastagem e bolota, e contribuem como antioxidantes que previnem a oxidação lipídica (Rey et al., 1998).

A vitamina E (tocoferol) solúvel em lípidos, é o principal antioxidante em tecidos animais que atua *post-mortem* no atraso de deterioração oxidativa da carne. A oxidação manifesta-se como uma conversão de mioglobina para metamioglobina, o desenvolvimento de odores e sabores rançosos, e a degradação dos PUFA nas membranas do tecido. A suplementação dietética com vitamina E aumenta a sua deposição no músculo e gordura, de modo a que a oxidação é retardada e a vida de prateleira da carne aumentada (Wood e Enser, 1997). É geralmente aceite que a suplementação com vitamina E melhora a CRA na carne de suíno (Rosenvold e Andersen, 2003).

Suínos criados de modo extensivo com acesso a pastagem têm níveis mais elevados de PUFA, AG n-3 e vitamina E nos músculos que suínos criados de modo intensivo

(Nilzén et al., 2001). Vários estudos indicam que os sistemas de produção extensiva, com acesso a pastagem, alteram a composição em AG da carne aumentando o rácio de gorduras insaturadas, sendo deste modo mais benéfico para a saúde humana (Jakobsen, 1995; Madsen et al., 1992; Nilzén et al., 2001).

O aumento do teor de UFA pode dar origem a gorduras na carcaça menos rijas, devido ao seu ponto de fusão mais baixo (Enser, 1983). Além disso, uma maior quantidade de PUFA no músculo faz com que o tecido seja mais suscetível à oxidação lipídica (Allen e Foegeding, 1981). Neste contexto, os níveis de antioxidantes na alimentação e na carne são de relevância (Nilzén et al., 2001).

Embora o C18:1, um UFA com um baixo ponto de fusão, seja o principal componente dos lípidos do tecido adiposo do suíno, geralmente superior a 40% do total, a sua concentração não evidencia relação com a consistência do tecido adiposo. Já o C18:2, outro UFA que está presente em níveis muito inferiores, tem um efeito marcante na consistência do tecido adiposo (Enser, 1983).

As dietas ricas em MUFA fornecem carnes com um perfil nutricional mais favorável do que as dietas ricas em gorduras saturadas, são positivamente correlacionadas com o sabor da carne (Wood e Enser, 1997), e são menos suscetíveis à oxidação do que a carne proveniente de animais alimentados com dietas ricas em PUFA (López-bote et al., 1997).

Teores elevados em proteína bruta na dieta conduzem a teores de lípidos intramusculares inferiores como demonstram os trabalhos de Christensen (1975) e Éssen-Gustavson *et al.* (1992) citados por Neves (1998), mas não se observam alterações no teor proteico, pH e CRA (Karlsson et al., 1993).

2.6.3 Sistema de produção

O sistema de produção extensivo aumenta o valor dos produtos de origem animal, devido à influência da produção em extensivo sobre as características químicas, físicas e organolépticas dos produtos (Pugliese e Sirtori, 2012).

Desconhece-se a relação da atividade física com as características de qualidade da carne. Enquanto alguns estudos não encontram nenhuma diferença no desempenho ou na qualidade da carne (Gentry et al., 2002a), outros relatam alguns efeitos do exercício

na cor, CRA e comprimento de carcaça (Geverink et al., 1998; Karlsson et al., 1993). Também há informações disponíveis sobre o efeito do exercício sobre o tipo de fibra muscular (Andrés et al., 2001; Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991), que possam afetar a qualidade da carne, já que o exercício induz uma transformação nas fibras musculares seguindo a sequência IIB→IIA→I (Lefaucheur, 2010).

A raça ibérica caracteriza-se pelo seu carácter adipogénico, o que associado a outras características do ciclo produtivo, determina a acumulação de gordura tanto subcutânea como inter e intramuscular. Das características do ciclo produtivo, destacam-se a idade avançada no momento do sacrifício e o exercício físico que o animal faz durante o pastoreio, e que conjuntamente contribuem para o maior grau de infiltração de IMF (Huertas, 1990).

Os suínos acabados em montanha apresentam carcaças com espessuras de gordura superiores, maiores percentagens de peças gordas e de lípidos e menores percentagens de peças magras e de proteína, que as de suínos abatidos a pesos semelhantes alimentados com alimentos compostos comerciais (Freitas, 1998).

Rey et al., (2006) concluem que, a criação de suínos em sistemas extensivos produz carne de valor mais elevado do ponto de vista nutricional e de saúde, sendo esta difícil de imitar com dietas semelhantes em regimes intensivos. As diferenças são principalmente atribuídas à modificação do perfil de AG, enquanto que a acumulação de tocoferóis não é alterada pelo sistema de produção mas sim pela alimentação. A produção de suínos em sistemas extensivos produz carcaças com mais gordura e menor rendimento que as de suínos criados em confinamento com a mesma dieta, sendo que a incorporação de pastagem na alimentação não melhora significativamente o peso da carcaça e o rendimento.

Em suínos tanto em sistemas de produção intensivos como extensivos, tem-se demonstrado que o nível de alimentação durante o período anterior à fase final de engorda influencia o desenvolvimento do tecido adiposo e as características da carcaça ao abate, sendo que, se houver uma restrição alimentar durante esta fase vai-se provocar um crescimento compensatório incompleto (Daza et al., 2005a, 2003).

O sistema extensivo segundo Lebret et al., (2011) resulta numa maior ingestão diária, taxas de crescimento mais elevadas, mais IMF e melhor qualidade da carne.

Em suínos criados em sistemas extensivos a principal causa para o elevado teor em lípidos musculares é o período de engorda que tem lugar quando os animais são mais velhos e têm uma baixa capacidade para depositar músculo e, conseqüentemente, depositam uma grande quantidade da energia ingerida como gordura (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991).

A dieta, clima, espaço, nível de atividade, PV, genótipo, stresse e estado de saúde podem afetar o crescimento e as características de carcaça. Em sistemas de produção ambientalmente enriquecidos ou extensivos, o nível de atividade é suscetível de aumentar, o que sugere requisitos mais elevados de energia para a manutenção (Millet et al., 2005). Se os animais em extensivo gastam mais energia para a atividade e termorregulação, conclui-se que, com uma igual ingestão média diária, uma maior proporção da dieta será usada para as necessidades de manutenção. Isso resulta num crescimento mais lento e num menor teor de gordura em suínos com idades semelhantes (Lebret et al., 2002; Millet et al., 2005)

Segundo Cava et al., (2003) o exercício, parte integrante dos sistemas de produção extensivos, tem um efeito positivo nos pigmentos, levando a um aumento da sua concentração nos músculos. Esta coloração mais avermelhada da carne de suínos Ibéricos leva a valores significativamente mais elevados de croma e a^* , bem como valores significativamente menores de L^* , quando comparados com os de suínos comerciais, o que indica que a produção em sistemas extensivos poderá atrasar ou impedir a transformação das fibras musculares do tipo IIA para o tipo IIB.

O incremento da liberdade de movimentos afeta também o metabolismo *post-mortem*, resultando numa exsudação reduzida. O metabolismo *post-mortem*, a temperatura e o declínio de pH foram consideravelmente mais lentos em grupos de suínos criados em sistema extensivo quando comparados com suínos criados em sistemas convencionais. Como resultado muito menos água foi exsudada pelos músculos aquando do corte. Também as carcaças de suínos criados em sistema extensivo eram menos rígidas, indicando um menor desenvolvimento do *rigor-mortis*. Carne de suínos aos quais é permitido mais exercício durante o seu desenvolvimento torna-se mais resistentes á exaustão e como conseqüência a frequência de carnes DFD será baixa (Lambooij et al., 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do ensaio experimental decorreu na Herdade Experimental da Mitra, da Universidade de Évora e numa exploração de um associado da ANCPA.

3.1 Ensaio experimental

3.1.1 Animais

Foram utilizados 15 animais (fêmeas e machos) de Raça Alentejana, nascidos em Janeiro e desmamados aos dois meses.

Durante a fase de pré-ensaio, procedeu-se ao alojamento dos animais em parques individuais, à habituação destes ao alimento composto utilizado durante todo o ensaio e à identificação dos animais através de *transponders* inseridos numa das orelhas. Neste período também se procedeu à castração cirúrgica dos animais sob anestesia, por volta dos três meses de idade, de forma a neutralizar o efeito do sexo sobre a performance de crescimento e características de carcaça.

Após a fase de pré-ensaio os animais foram divididos aleatoriamente em dois grupos, sendo que um dos grupos (Interior – IN; n=9) foi mantido em parques individuais abertos ao exterior com 3 m² (atividade física restrita) na Herdade Experimental da Mitra e o outro grupo (Exterior - OUT; n=6) foi mantido numa área de 3 ha com acesso a pastagem, numa herdade pertencente a um criador da ANCPA.

Os animais permaneceram em bom estado de saúde geral durante o período de ensaio, a temperatura média diária e humidade relativa para os grupos IN e OUT foram de 18,7 e 17,5°C, e 55,0 e 48,7% respetivamente.

Os animais começaram o ensaio com um peso corporal de cerca de 60 kg PV e foram abatidos com cerca de 100 kg PV.

3.1.2 Alimentação

Foi fornecido aos animais, de ambos os grupos de ensaio, um alimento comercial com alto teor oleico, sendo que o grupo OUT tinha também acesso à pastagem natural presente na área de 3 ha durante o ensaio (meados de Agosto a meados de Novembro). A análise de amostras compósitas da alimentação fornecida aos grupos é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Ingredientes, e composição do alimento comercial e pastagem

	Alimento	Pastagem
Ingrediente (g/100g)		
Cevada	50.0	
Trigo	15.0	
Farinha de Trigo (20% amido)	15.0	
Farinha de soja (44% Proteína Bruta-PB)	11.5	
Óleo de girassol (alto teor oleico)	6.0	
Carbonato de cálcio	0.9	
Fosfato dicálcico	0.7	
Cloreto de sódio	0.4	
Premix de vitaminas e minerais	0.5	
Composição Química (g/100g MS)		
Matéria Seca (MS) (g/100g)	90.1	20.6
Cinzas	4.8	10.9
PB (N x 6,25)	14.0	14.6
Lisina	0.6	
Fibra por detergente neutro (NDF)	16.9	45.2
Lípidos Totais	7.9	3.5
Energia Digestível (MJ/Kg)	14.1	
Ácidos Gordos (AG) (g/100g Total AG identificados)		
Ácido Palmítico (C16:0)	7.1	14.9
Ácido Esteárico (C18:0)	2.8	2.1
Ácido Oleico (C18:1n-9)	70.7	8.1
Ácido Linoleico (C18:2n-6)	17.4	11.7
Ácido Linolénico (C18:3n-3)	1.1	46.8

Os animais IN foram alimentados diariamente numa única refeição, a um nível alimentar de 85% do consumo estimado *ad libitum* (INRA, 1984), numa taxa diária ajustada semanalmente. Os animais OUT eram também alimentados manualmente uma vez por dia, a um nível alimentar de 85% do *ad libitum* e em parques similares aos dos animais IN de modo a controlar o seu consumo individual.

Todos os animais tinham livre acesso a água e os desperdícios e sobras alimentares eram medidos.

3.1.3 Abate e colheita das amostras

Após o ensaio e com cerca de 100 kg PV os animais foram transportados até um matadouro industrial (Matadouro de Sousel) e após 24 horas de repouso, sem alimento e apenas com água disponível foram abatidos por eletranarose e sangria.

Após 24 horas de refrigeração a 4 °C, as carcaças foram divididas longitudinalmente em duas meias carcaças. O lado esquerdo de cada carcaça foi submetido a cortes comerciais de acordo com a Norma Portuguesa (NP) - 2931 (2006). Foram removidos os músculos LD, BF e SM, da meia carcaça esquerda, e após retirada toda a gordura visível, foram embalados a vácuo e congelados a -30 °C até análise.

3.2 Procedimento analítico

3.2.1 Características físicas

3.2.1.1 Cor

Para determinação da cor foi utilizado o sistema CIELAB (Figura 8), em que L* representa a luminosidade e varia entre os valores de 0 (preto) a 100 (branco), a* em que valores positivos (+a) nos dão os vermelhos e negativos (-a) nos dão os verdes e b* em que valores positivos (+b) nos dão os amarelos e negativos (-b) nos dão os azuis.

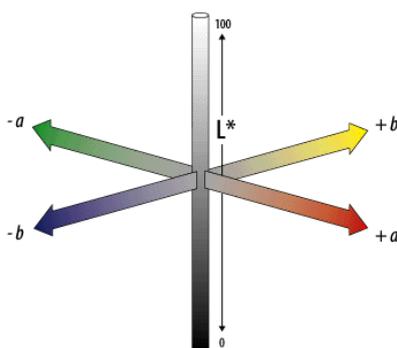


Figura 8. Espaço de cor CIELAB

Fonte: CIELAB (2011)

Através da medição destes parâmetros é possível calcular atributos psicométricos como o ângulo de tono (tonalidade) ($\text{tono} = \arctg(b^*/a^*)$) que permite tirar conclusões sobre o tom da cor que é perceptível, a cromatocidade ($\text{croma} = \sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$) que nos

indica a cor como percebida pelo olho humano e a saturação (saturação = croma/L*) que nos indica a intensidade da coloração (CIE, 1976).

Para determinação dos valores de L*, a* e b* foram calculadas as médias de três medições aleatórias sobre a superfície de corte da carne estruturalmente intacta após descongelamento de 30 min, com um colorímetro Minolta CR-200, com iluminante D65.

3.2.1.2 pH

O valor de pH foi obtido pela média de oito medições realizadas numa amostra de cerca de 100 gramas de carne descongelada e triturada, com um eléctrodo penetrante Ingold, modelo Lot406-M6-DXK-S7, ligado a um potenciómetro, sendo as medições corrigidas para a temperatura da amostra segundo a NP-3441 (2008).

3.2.1.3 Capacidade de retenção de água

A CRA foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Goutefongea, (1966), em que uma amostra de 5 gramas de carne descongelada e triturada é colocada entre dois pedaços de papel de filtro e sujeita a uma pressão constante, com um pistão de 2250 gramas, durante 1 min. A CRA é determinada pela percentagem de água perdida pela amostra, sendo esta obtida pela diferença de peso antes e depois da realização do método, através da fórmula $CRA = ((\text{peso inicial} - \text{peso final})/\text{peso inicial}) \times 100$.

3.2.2 Características químicas

3.2.2.1 Humidade

Para o cálculo da humidade foi utilizada a NP-1614 (2002), em que uma amostra de carne descongelada e triturada de 10 gramas é colocada num cadinho e misturada com areia tratada e etanol, sendo de seguida colocada numa estufa a 102 ± 1 °C até estabilização do peso. A primeira pesagem é efetuada após 2 horas, e as seguintes de 30 em 30 minutos, considerando-se a estabilização do peso quando a diferença entre duas pesagens consecutivas é menor que 10 miligramas. O resultado é expresso em percentagem da perda de massa que ocorre na amostra quando submetida à secagem.

3.2.2.2 *Proteína total*

O teor em azoto total foi calculado pelo método de Kjeldhal, segundo a NP-1612, (2006). A amostra (2 g) foi sujeita à digestão com ácido sulfúrico concentrado (20 ml) na presença dos catalisadores sulfato de potássio (15 g), sulfato de cobre (0,5 g) e selénio. O digerido obtido foi destilado após a adição de hidróxido de sódio (40 %) recolhendo-se o destilado em ácido bórico (4%). O amoníaco recolhido foi quantificado por titulação com ácido clorídrico (0,1N). O teor em proteína total foi calculado multiplicando por 6,25 o teor de azoto total.

3.2.2.3 *Lípidos intramusculares*

Os lípidos intramusculares neutros e polares foram determinados segundo o método de Marmer e Maxwell (1981). Através deste método foram separadas as duas frações lipídicas. A fração neutra, constituída essencialmente por triacilgliceróis e a fração polar constituída por fosfolípidos.

O enchimento da coluna de vidro (35 mm Ø, com ponta gotejante) efetua-se com lã de vidro no nível inferior, 10 g da mistura de celite 545:fosfato bicálcico, na proporção de 9:1 no nível intermédio, e uma mistura de 10 g de celite 545 + 5 g de sulfato de sódio anidro + 2,5 g de amostra liofilizada, no nível superior.

Para fazer a separação das duas frações, utilizaram-se dois solventes com polaridades distintas. Para arrastar a fração neutra (triacilgliceróis), procedeu-se à eluição com 100 mL de diclorometano e para a fração polar (fosfolípidos) com 100 mL da mistura de diclorometano:metanol na proporção de 9:1.

Os eluídos das diferentes frações, foram recolhidos para balões de fundo plano de 200 mL e levados ao evaporador rotativo para se retirar o solvente, colocando-se de seguida no exsiccador durante 24 horas.

A determinação foi feita através da diferença de pesos dos balões antes e após a eluição, sendo o resultado expresso em percentagem de produto.

Sendo seguidamente acondicionados a -30 °C até determinação dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.

Os lípidos intramusculares totais foram calculados como a soma dos lípidos intramusculares neutros e polares das amostras

3.2.2.4 Pigmentos totais e mioglobina

O conteúdo de pigmentos totais foi determinado pelo método descrito por Hornsey (1956). Neste método procede-se à separação do grupo heme da globina, de uma amostra descongelada e triturada. Para tal pesaram-se 10 g de amostra que se homogeneizaram com uma solução de extração, constituída por 40 mL de acetona, 2 mL de água e 1 mL de ácido clorídrico (12 N). O homogeneizado resultante é guardado em obscuridade a uma temperatura de 4 °C durante 12 horas, filtrado em papel Whatman nº 42 e medida a absorvância a 640 nm num espectrofotómetro. O resultado é expresso em partes por milhão (ppm) de hematina e obtém-se multiplicando a absorvância obtida por 680.

O conteúdo em mioglobina foi calculado multiplicando a concentração do pigmento heme pelo fator 0,026 como descrito por Cava et al. (2003).

3.2.2.5 Teor em colagénio

A hidroxiprolina foi analisada de acordo com o método descrito por Woessner (1961) e o resultado multiplicado pelo fator 7,14 de modo a obter o colagénio total como descrito por Etherington e Sims (1981).

Procedeu-se à hidrólise ácida pesando 150 mg da amostra liofilizada e triturada, para um tubo com rolha (em triplicado) juntou-se 10 mL de HCL 6N. Fecharam-se e agitaram-se os tubos, incubando 18 horas numa estufa ventilada a 115 °C.

Tiraram-se os tubos e deixaram-se arrefecer à temperatura ambiente, ajustando de seguida com HCL 6N, para os casos em que tenha ocorrido evaporação. Juntou-se 100 mg de carbono ativo aos tubos e agitaram-se. Procedeu-se à filtração, após terem repousado 2 minutos. Em seguida fez-se a diluição de 200 µL do filtrado + 800 µL de água destilada, para tubos de 10 mL e guardaram-se a 4 °C.

Determinação do teor em hidroxiprolina

Preparou-se uma gama de hidroxiprolina entre 1 e 8 microgramas a partir de uma solução mãe de hidroxiprolina de 100 microgramas/mL:

branco (1 mL de HCL 1,2N),

tubo 1 (990 µL de HCL 1,2N + 10 µL de hidroxiprolina),

tubo 2 (980 μL de HCL 1,2N + 20 μL de hidroxiprolina),
tubo 3 (960 μL de HCL 1,2N + 40 μL de hidroxiprolina),
tubo 4 (940 μL de HCL 1,2N + 60 μL de hidroxiprolina),
tubo 5 (920 μL de HCL 1,2N + 80 μL de hidroxiprolina).

Em cada tubo da gama e em cada tubo da amostra juntou-se: 1 mL NaOH 1,2N (agitou-se), 1 mL de Cloramina T (agitou-se e contato durante 20 minutos sob a hotte) e 1 mL de ácido perclórico (agitou-se e contato durante 5 minutos sob a hotte) e 1 mL de paradimetilaminobenzaldeído (fechou-se e agitou-se).

Levaram-se os tubos a incubar durante 20 minutos num banho-maria a 60 °C, e após terem arrefecido sob água corrente, leu-se a densidade ótica a 557 nm (Beckman DU-530; Fullerton, CA, USA).

3.2.3 Perfil de ácidos gordos

A determinação de AG foi realizada nos extratos lipídicos obtidos de acordo com o método Folch et al. (1957), em que após a lavagem de uma amostra (2 g), descongelada e triturada, com soro fisiológico se adicionam 10 mL de uma solução clorofórmio:metanol (2:1), homogeneizando-se. Centrifuga-se durante 5 minutos a baixa velocidade, de modo a separar as diferentes fases e retira-se a fase superior com o auxílio de uma pipeta filtrando de seguida com papel filtro. Repete-se, e em seguida evapora-se (55 °C em banho-maria) o filtrado até se ficar só com a gordura.

O perfil de AG é obtido após metilação segundo Bannon et al. (1985) por cromatografia gasosa, sendo estes identificados por comparação dos tempos de retenção com padrões de AG.

Obtenção dos ésteres metílicos

Dos extratos lipídicos obtidos pelo método de Folch foram pesados 100 mg que se dissolveram em 2 mL de hexano. Adicionaram-se 100 μL de uma solução de hidróxido de potássio 2N, utilizado como agente catalisador da hidrólise dos triacilgliceróis. Após um período de atuação de 6 minutos, o hidróxido de potássio foi neutralizado por igual volume de ácido clorídrico 2N (prevenindo também a hidrólise dos AG), usando como indicador uma solução aquosa de laranja de metilo 1%.

Análise por cromatografia gasosa

A composição percentual dos AG metilados (FAME - *Fatty acid methyl esters*) foi determinada num cromatógrafo de gases Hewlett Packard (HP) modelo 6890, equipado com um injetor *split/splitless* e um detetor de ionização de chama, que foram mantidos a 250 e 270 °C respetivamente e em que o fluxo do gás de arrasto (hélio) foi 1,2 mL/min. A temperatura inicial do forno era de 180 °C, que foi elevada a uma taxa de 4 °C/min, até uma temperatura final de 220 °C.

Para a separação dos FAME foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida com uma fase estacionária de polietileno-glicol reticulado Omegawax™320 (Supelco 24152) de 30 metros de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme.

O gás de arraste em constante fluxo pela coluna cromatográfica colocada num forno programado para o gradiente de temperatura, arrasta os FAME através da mesma. A interação dos FAME com a fase estacionária provoca o seu fracionamento ou separação. À medida que os diversos FAME saem da coluna, em tempos diferentes (tempo de retenção), vão ser detetados pelo detetor de ionização de chama, e um sinal elétrico é produzido e transformado graficamente num pico cromatográfico.

Identificação dos AG

A identificação dos FAME é baseada na comparação com tempos de retenção de misturas padrão de composição conhecida, tendo sido utilizadas para análise as misturas *Supelco 37 Component Fame Mix* (Supelco 47885-U) e *Grain FAME Mix* (Supelco 47801).

A composição em AG foi expressa em % do total dos FAME identificados (C12:0, C14:0, C16:0, C16:1n-7, C17:0, C17:1n-7, C18:0, C18:1n-9, C18:2n-6, C18:3n-3, C20:0, C20:1n-9, C20:2n-6, C20:4n-6, C22:0), sendo depois corrigida de modo que os AG com percentagens inferiores a 0,5 não são apresentados.

Os índices de saturação e trombogénico foram calculados com base na composição dos AG como proposto por Ulbricht e Southgate (1991).

3.3 Análise estatística

Os pressupostos necessários para a análise estatística foram verificados através do teste para a normalidade (Shapiro e Wilk, 1965) e teste para a homogeneidade de variâncias (Levene, 1960). Para as variáveis que apresentavam distribuições não normais foram realizadas as transformações necessárias.

A análise estatística foi realizada pela comparação das médias através de um teste t-student para amostras independentes, com o software estatístico IBM SPSS Statistics 20, e com o animal como unidade experimental.

Os resultados são apresentados como Média \pm Erro padrão, e a diferença entre médias foi considerada significativa quando $P < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do sistema de produção nas características zootécnicas e de carcaça

4.1.1 Características zootécnicas

O sistema de produção afetou significativamente o ganho médio diário (GMD) ($P < 0,01$) e o índice de conversão (IC) ($P < 0,01$), mas não afetou significativamente a ingestão média diária (IMD), como indica a Tabela 9.

Tabela 9. Efeito do sistema de produção nas características zootécnicas

	Sistema de Produção		Sig.
	Interior	Exterior	
	IN	OUT	
Peso Inicial (kg)	61,78 ± 0,75	61,42 ± 0,62	ns
Peso Final (kg)	99,67 ± 0,46	99,00 ± 1,01	ns
Ganho Médio Diário (g/dia)	457,95 ± 7,70	529,34 ± 6,14	***
Ingestão Média Diária (kg/dia)	2,24 ± 0,02	2,27 ± 0,00	ns
Índice de Conversão (kg/kg)	4,91 ± 0,12	4,29 ± 0,05	***

Sig.-significância: *** $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; ns = não significativo ($P > 0,05$)

Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Beattie et al. (2000), Gentry et al. (2004) e Lebret et al. (2006, 2002), mas não com os resultados obtidos por Daza et al. (2009), Enfalt et al. (1993), Gustafson e Stern (2003), Lewis et al. (1989), Petersen et al. (19989) e Rey et al. (2006) que não encontraram diferenças para as características zootécnicas nos diferentes sistemas de produção. O genótipo, o tipo de sistema de produção (interior com ou sem exercício, enriquecido ou exterior), bem como a temperatura ambiental e a disponibilidade alimentar podem justificar esta variabilidade de resultados.

Estes dados sugerem um consumo de pastagem pelos animais OUT que contribuiu para um maior GMD pois os animais podem apresentar, segundo Rodríguez-Estévez et al. (2009), uma IMD de pastagem de 0,4 kg MS.

De acordo com Lebret et al. (2002) e Millet et al. (2005), os animais em sistemas de produção extensivo gastam mais energia para a atividade e termorregulação, logo terão um crescimento mais lento. A maior IMD como consequência de um decréscimo na temperatura ambiente está bem estabelecido na literatura (Le Dividich et al. 1998 citado por Lebret et al. 2011), mas, e segundo Bruce e Clark (1979), dentro da zona termoneutra (17,2 a 22 °C), os suínos conseguem manter a sua temperatura corporal constante, para um determinado consumo de energia. Isto indica que apesar das temperaturas médias para os animais OUT (17,5 °C) serem muito próximas do limite inferior da zona termoneutra, e terem gastos energéticos acrescidos, com a atividade física, estes tentaram colmatar as suas necessidades energéticas com a pastagem, tendo um maior GMD do que os animais IN, o que está de acordo com Lebret et al. (2002).

O IC foi assim influenciado pelo maior GMD dos animais OUT que, provavelmente, devido ao consumo de pastagem têm um IC estatisticamente mais favorável que os animais IN.

4.1.2 Características de carcaça

O sistema de produção influenciou significativamente várias características de carcaça, como se pode verificar pela Tabela 10.

O comprimento de carcaça foi significativamente superior ($P < 0,01$) nos animais OUT.

O sistema de produção influenciou também o peso de carcaça quente ($P < 0,01$) e de meia carcaça ($P < 0,01$), menor nos animais OUT.

O rendimento de carcaça não apresenta diferenças significativas entre sistemas de produção, mas os animais OUT têm um rendimento de carcaça 4,10% menor do que os IN.

Já o rendimento comercial é significativamente superior ($P < 0,05$) nos animais OUT, devido principalmente ao peso da perna preparada ($P < 0,05$), que é 12,55% superior nestes animais, juntamente com um maior peso, não significativo, do vão das costelas (2,33%) e do lombinho (11,74%). A pá é significativamente ($P < 0,05$) menor nos animais OUT, não se verificando esta diferença na pá preparada e não influenciando assim o rendimento comercial.

Tabela 10. Efeito do sistema de produção nas características de carcaça

	Sistema de Produção		Sig.
	Interior	Exterior	
	IN	OUT	
Comprimento de carcaça (cm)	71,00 ± 0,58	75,17 ± 0,60	***
Peso carcaça quente (kg)	82,04 ± 0,48	78,21 ± 0,94	***
Rendimento de carcaça (%)	82,32 ± 0,15	79,07 ± 1,54	ns
Meia carcaça (kg)	35,43 ± 0,21	33,80 ± 0,21	***
1/2 cabeça (kg)	3,29 ± 0,11	3,20 ± 0,25	ns
Rendimento comercial¹ (kg)	13,21 ± 0,12	13,94 ± 0,32	**
Pá (kg)	6,68 ± 0,15	6,17 ± 0,16	**
Pá preparada ² (kg)	3,15 ± 0,07	3,05 ± 0,07	ns
Chispe da Pá+mão+courato+gordura (kg)	3,53 ± 0,18	3,12 ± 0,16	ns
Vão das costeletas (kg)	5,00 ± 0,10	5,12 ± 0,21	ns
Perna (kg)	9,57 ± 0,18	9,39 ± 0,16	ns
Perna preparada ² (kg)	4,66 ± 0,12	5,33 ± 0,14	***
Chispe da perna+pé+courato+gordura (kg)	4,91 ± 0,12	4,06 ± 0,07	***
Entrecosto (kg)	3,18 ± 0,10	3,17 ± 0,09	ns
Lombinho (kg)	0,39 ± 0,02	0,44 ± 0,02	ns
Rendimento comercial (%)	37,28 ± 0,38	41,23 ± 0,84	***
Peças gordas³ (kg)	12,71 ± 0,27	11,50 ± 0,41	**
Entremeada (kg)	5,98 ± 0,11	4,86 ± 0,15	***
Manta de toucinho (kg)	4,64 ± 0,21	4,66 ± 0,26	ns
Gordura perirenal (kg)	2,09 ± 0,09	1,99 ± 0,11	ns
Peças gordas (%)	35,86 ± 0,69	34,02 ± 1,21	ns
Espessura da manta de toucinho⁴ (cm)	5,04 ± 0,20	4,85 ± 0,24	ns
3 ^a -4 ^a vértebra lumbar (cm)	4,96 ± 0,75	4,80 ± 0,25	ns
10 ^a -11 ^a costela (cm)	5,39 ± 0,23	5,32 ± 0,27	ns
última costela (cm)	4,77 ± 0,17	4,43 ± 0,25	ns
Espessura do <i>Longissimus dorsi</i>⁴ (cm)	3,10 ± 0,08	3,24 ± 0,10	ns
3 ^a -4 ^a vértebra lumbar (cm)	2,83 ± 0,09	3,08 ± 0,08	0,08
10 ^a -11 ^a costela (cm)	3,18 ± 0,09	3,18 ± 0,12	ns
última costela (cm)	3,29 ± 0,15	3,43 ± 0,16	ns

Sig.-significância: *** P < 0,01; ** P < 0,05; ns = não significativo (P > 0,05).

¹ Soma da pá preparada, vão das costelas, perna preparada, entrecosto e lombinho.

² Sem o chispe, mão/pé, courato e gordura.

³ Soma da entremeada, manta de toucinho e gordura perirenal.

⁴ Média das medidas tiradas ao nível da 3^a-4^a vértebra lumbar, 10^a-11^a costela e última costela.

Os animais OUT possuem menor peso de peças gordas ($P < 0,05$), devido principalmente ao significativamente ($P < 0,01$) menor peso das suas entremeadas. Na percentagem de peças gordas não se verificam diferenças significativas entre sistemas de produção, apesar dos animais OUT terem uma menor (5,40%) percentagem de peças gordas que os IN.

Em relação às espessuras da manta de toucinho e do LD, estas não apresentam diferenças significativas entre sistemas de produção, sendo que a espessura da manta de toucinho é menor (3,84%) para os animais OUT, e a espessura do LD é maior (4,14%) nestes animais, devido principalmente à maior (8,11%) espessura da 3^a-4^a vértebra lombar ($P < 0,08$), nos animais OUT. Isto sugere que o sistema de produção OUT produziu animais mais magros e com um desenvolvimento muscular superior.

Para as características de carcaça em diferentes sistemas de produção são encontrados na literatura resultados conflituosos, pois, e segundo Lebret (2008) e Millet et al. (2005) vários fatores como as condições climáticas (incluindo as suas variações dentro do período de crescimento/acabamento), genótipo, alimentação e sistema de produção influenciam a deposição de músculo e gordura e conseqüentemente as características de carcaça.

Há autores que não encontraram diferenças entre sistemas de produção (Daza et al., 2009, 2007; López-Carrasco et al., 2003), outros em que o rendimento de carcaça e/ou espessura da manta de toucinho era superior em animais criados em sistemas de produção intensivo (Daza et al., 2006; Enfält et al., 1993; Lewis et al., 1989; Rey et al., 2006), ou em que o rendimento de carcaça e/ou espessura da manta de toucinho era superior em animais criados em sistemas de produção extensivos (Beattie et al., 2000; Gentry et al., 2002b; Serrana, 2008).

O peso da carcaça quente, da meia carcaça e o rendimento de carcaça foi menor para os animais OUT quando comparados com os apresentados pelos animais IN, apesar de terem um maior comprimento de carcaça e rendimento comercial. Isto poderá ser devido ao menor peso final dos animais OUT, mas poderá ser explicado fundamentalmente por um superior desenvolvimento do sistema digestivo dos animais OUT, resultante do consumo de fibra proveniente da pastagem (Rey et al., 2006), e segundo Whittemore (1993) citado por Daza et al. (2006), ao aumento do conteúdo de

digesta no ceco e cólon e à quantidade adicional de água que a fibra atrai para o intestino.

O rendimento comercial da carcaça foi, como referido anteriormente significativamente superior nos animais OUT devido principalmente à perna preparada, ao lombinho e ao vão das costelas. Sather et al. (1997) afirma que o maior peso das peças nobres de suínos criados extensivamente, resultam de um incremento na massa óssea e muscular e num menor teor em gordura intramuscular. Enfält et al. (1997) obteve resultados que demonstram que o peso total dos músculos BF e SM, da perna, eram mais elevados em animais criados extensivamente, e que, o aumento do vão das costelas não se refletia significativamente num acréscimo da espessura do LD ou decréscimo na espessura da manta de toucinho, o que vai de encontro com os dados obtidos neste trabalho.

Alguns autores (Sather et al., 1997; Warriss et al., 1983) referem que as carcaças dos animais criados em sistemas extensivos possuem menos gordura, sugerindo que o alimento é desviado da deposição de gordura para a termorregulação e que o custo energético da atividade física exercida pelos animais pode contribuir para um aumento do catabolismo da gordura (Bee et al., 2004). Tal é também verificado nos resultados deste trabalho, já que o peso das peças gordas varia significativamente, devido especialmente, ao decréscimo do peso da entremeada nos animais OUT.

Apesar dos animais OUT apresentarem carcaças mais leves e a espessura da manta de toucinho sofrer um decréscimo, esta não atingiu resultados significativamente diferentes. Como este é um parâmetro de adiposidade de carcaça, relacionado com a eficiência de engorda, este decréscimo, apesar de não significativo, também sugere que os animais OUT apresentam diferentes catabolismos de gordura e/ou síntese endógena de AG (Martins et al., 2012).

4.2 Efeito do sistema de produção nas características físico-químicas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*

4.2.1 Características físicas

As características físicas dos três músculos foram afetados pelo sistema de produção como se verifica pela Tabela 11.

Em todos os músculos o pH sofre variações significativas ($P < 0,01$). Sendo maior, nos animais OUT, em 6,95, 13,01 e 10,47% para os músculos LD, BF e SM respectivamente.

A perda de água decresce significativamente ($P < 0,01$) para todos os músculos em análise, sendo esse decréscimo de 49,4, 46,45 e 43,38% para o LD, BF e SM respectivamente.

Nos parâmetros relacionados com a cor a^* , b^* , croma e saturação existe um decréscimo significativo ($P < 0,01$) dos valores para os animais OUT.

O L^* só varia significativamente ($P < 0,01$) para o BF, com um decréscimo de 11,48% nos animais OUT.

O ângulo de tono decresce significativamente ($P < 0,01$) para os músculos BF (23,12%) e SM (23,14%) nos animais OUT.

Verifica-se assim uma tendência para os músculos em análise de um maior pH nos animais OUT (5,92, 6,22 e 6,31 nos músculos LD, BF e SM respectivamente), com um decréscimo para todos os outros parâmetros físicos.

Estes resultados sugerem que os animais OUT deram origem a carnes DFD nos músculos BF e SM, tendo o pH do LD ficado pouco abaixo do valor referenciado na bibliografia como identificador de carnes DFD ($pH > 6,0$) (Warriss, 2000).

Os valores de L^* , que segundo Brewer et al. (2001) é dos melhores indicadores de carnes DFD, estão nos músculos BF e SM muito abaixo dos indicados na bibliografia para carnes consideradas normais ($L^* < 43$) (Warriss e Brown, 1993). Além disso, e segundo os mesmos autores, os músculos dos animais OUT apresentam menores perdas de água (maior CRA) que é também uma das características de carnes DFD.

Tabela 11. Efeito do sistema de produção nas características físicas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*.

	<i>Longissimus dorsi</i>			<i>Biceps femoris</i>			<i>Semimembranosus</i>		
	Interior	Exterior	Sig.	Interior	Exterior	Sig.	Interior	Exterior	Sig.
	IN	OUT		IN	OUT		IN	OUT	
pH	5,54 ± 0,02	5,92 ± 0,09	***	5,50 ± 0,01	6,22 ± 0,10	***	5,71 ± 0,04	6,31 ± 0,10	***
Perda de água (%)	19,38 ± 0,66	9,81 ± 1,27	***	26,37 ± 0,65	14,12 ± 0,97	***	22,96 ± 1,16	13,00 ± 0,79	***
L*	44,13 ± 0,69	42,71 ± 0,94	ns	42,07 ± 0,25	37,24 ± 0,74	***	37,32 ± 0,73	37,69 ± 0,64	ns
a*	13,27 ± 0,38	8,92 ± 0,43	***	18,29 ± 0,54	13,31 ± 0,38	***	15,06 ± 0,37	12,56 ± 0,46	***
b*	5,86 ± 0,30	3,71 ± 0,34	***	8,07 ± 0,20	4,41 ± 0,21	***	5,17 ± 0,19	3,28 ± 0,33	***
Ângulo de Tono¹	23,70 ± 0,65	22,47 ± 1,45	ns	23,87 ± 0,44	18,35 ± 0,78	***	18,95 ± 0,55	14,57 ± 1,30	***
Cromaticidade (Croma)²	14,52 ± 0,46	9,68 ± 0,49	***	19,99 ± 0,55	14,03 ± 0,39	***	15,93 ± 0,39	13,00 ± 0,48	***
Saturação³	0,33 ± 0,01	0,23 ± 0,02	***	0,48 ± 0,01	0,38 ± 0,01	***	0,43 ± 0,01	0,35 ± 0,02	***

Sig.-significância: *** P < 0,01; ** P < 0,05; ns = não significativo (P > 0,05).

¹ Ângulo de tono = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

² Cromaticidade (croma) = $\sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$

³ Saturação = croma/L*

As carnes DFD podem ocorrer quando os animais são expostos a stresse crónico ou prolongado antes do abate, o qual leva à depleção das reservas de glicogénio, estando este assim, menos disponível para o processo normal de acidificação da carne. Exemplos de stresse crónico são: transporte de animais por longas distâncias; longas horas de jejum; sobrepopulação no matadouro durante longos períodos de tempo (Adzitey e Nurul, 2011; Millet et al., 2005; Rosenvold e Andersen, 2003); e a estação do ano, pois as temperaturas ambientais podem ter uma influência negativa na qualidade da carne, podendo o stresse por hipotermia aumentar a incidência de carnes DFD (dalla Costa et al., 2007).

Guàrdia et al. (2005) verificou que os animais, nos meses de inverno, tendem a juntar-se de modo a reduzir as perdas de calor, criando um microclima que aumenta a temperatura circundante à custa das reservas energéticas no músculo. Os animais OUT em estudo, foram sujeitos nos últimos dias de ensaio a uma redução da temperatura média ambiental, máxima e mínima, de 18,0 para 13,7 e de 12,1 para 7,8 °C respetivamente, uma variação de 24% a que os animais IN não foram submetidos. Esta variação de temperatura pode ter originado stresse crónico que levou à ocorrência de carnes DFD nestes animais, e que pode também explicar o porquê destes animais terem GMD inferiores aos verificados em igual período de tempo anterior (~257 g/dia nos últimos 11 dias de ensaio e ~550 g/dia do 22º ao 11º dia antes do fim do ensaio) e menor quantidade de gordura, pois esta foi desviada para a termorregulação.

Os músculos oxidativos têm uma concentração de glicogénio relativamente baixa, que pode ser facilmente consumido *post-mortem*. O sistema enzimático degrada o glicogénio de forma relativamente lenta, o que leva a pH finais elevados, tornando-os propensos a originar carnes DFD, como por exemplo os músculos da região da perna. Contrariamente, os músculos glicolíticos têm concentrações mais elevadas de glicogénio e o sistema enzimático é mais ativo, o que origina pH finais mais baixos, não sendo estes músculos tão propensos a originar carnes DFD. Entre estes, estão por exemplo os músculos da região lombar (Adzitey e Nurul, 2011; Lawrie, 1988; Lebret et al., 2006). Por isto é que se verifica que os músculos BF e SM claramente originaram carnes DFD e o LD não, pois os primeiros são mais oxidativos que o último.

Esta diferença de comportamento entre músculos é normal, pois segundo Neves, (1998) os parâmetros físicos são semelhantes nos músculos da perna, BF e SM,

enquanto o LD apresenta menor pH e uma coloração mais clara (maior valor de L* e ângulo de tono, e menor croma e saturação) como se verifica neste trabalho.

Segundo vários autores o exercício físico desenvolvido pelo porco Ibérico leva a um aumento do número de mitocôndrias no interior das fibras musculares e este fenómeno conduz à conversão de um certo número de fibras IIB em fibras IIA (Huertas, 1990; Lawrie, 2006a; Lefaucheur, 1989; Mayoral et al., 1995), aumentando a atividade respiratória por parte das fibras e a presença dos depósitos musculares de glicogénio. Este aumento do potencial glicolítico permitirá alcançar nos processos *post-mortem* um pH suficientemente baixo (Enfält et al., 1997; Huertas, 1990).

Assim, e apesar de como foi referido na revisão bibliográfica, os animais aos quais é permitido mais exercício se tornarem mais resistentes á exaustão e estes sofrerem um aumento do potencial glicolítico, devido às fibras se tornarem mais oxidativas, e não utilizarem tanto as reservas de glicogénio para produção de ATP, nos resultados apresentados neste trabalho isso não se verifica, pois devido a condições adversas que esgotaram as reservas de glicogénio e à impossibilidade dos animais de recuperarem a tempo do abate, foram desenvolvidas carnes DFD.

O aumento do exercício resulta numa diminuição da perda de água (Lambooij et al., 2004). A água na carne está geralmente ligada à porção proteica, e uma diminuição do pH resultante da acumulação de ácido láctico, pode levar à desnaturação das proteínas e assim aumentar a perda de água (Martins et al., 2012). Contrariamente, um pH último elevado, dá à carne uma cor mais escura e diminuição de perdas de água (Václavková e Bečková, 2008). Além disso, o consumo de recursos naturais, neste caso de pastagem, diminui as perdas de água devido ao aumento de tocoferóis nos músculos (Rosenvold e Andersen, 2003). Assim a significativa menor perda de água para os músculos em estudo, pode ser explicada pelos elevados valores de pH e por um aumento da estabilidade das membranas, devido à provável presença de tocoferóis. Estes valores foram mesmo inferiores aos obtidos por Neves (1998) (19,5, 17,74 e 14,2%, para os músculos LD, BF e SM respetivamente) em suínos Alentejanos criados em sistema extensivo.

4.2.2 Características químicas

O sistema de produção afetou significativamente todas as características químicas do músculo LD, mas no SM só a humidade foi afetada pelo sistema de produção. Já no BF o sistema de produção afetou a humidade, os LT e LN, e de forma muito pouco significativa os pigmentos totais e mioglobina, como pode ser verificado pela Tabela 12.

O parâmetro humidade foi o único que sofreu alterações significativas em todos os músculos em estudo. Nos músculos LD e BF, dos animais OUT, a humidade foi significativamente maior (2,53 e 2,66% respetivamente, $P < 0,01$), em relação aos animais IN, sendo que no SM a variação da humidade (1,22%) só obteve uma significância de $P < 0,05$.

A proteína total (PT) só para o músculo LD é que foi significativamente maior ($P < 0,05$), nos animais OUT.

Os teores de LT e LN nos animais OUT, são significativamente menores para o músculo LD (46,34 e 47,78% respetivamente, $P < 0,01$) e para o BF (30,1 e 31,94% respetivamente, $P < 0,05$). No SM os LT e LN apresentam menores teores, para os animais OUT, em 10,7 e 13,47% respetivamente, não sendo estas variações significativas.

Os teores de LP nos animais OUT, são significativamente ($P < 0,01$) menores no músculo LD, sendo que para os outros músculos em estudo não se dão variações significativas para este parâmetro.

Os pigmentos totais e a mioglobina apresentam, no músculo LD dos animais OUT, significativamente ($P < 0,01$) menores teores, sendo que no BF estes parâmetros sofrem uma variação pouco significativa ($P < 0,08$) e não significativa no SM.

O colagénio total é significativamente ($P < 0,01$) menor para o músculo LD, nos animais OUT, não havendo variações significativas nos músculos BF e SM.

Tabela 12. Efeito do sistema de produção nas características químicas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*.

	<i>Longissimus dorsi</i>			<i>Biceps femoris</i>			<i>Semimembranosus</i>		
	Interior IN	Exterior OUT	Sig.	Interior IN	Exterior OUT	Sig.	Interior IN	Exterior OUT	Sig.
Humidade (%)	70,67 ± 0,23	72,46 ± 0,58	***	72,71 ± 0,38	74,64 ± 0,45	***	74,46 ± 0,19	75,37 ± 0,35	**
Proteína Total (g/100g)	22,52 ± 0,43	23,80 ± 0,14	**	20,54 ± 0,18	20,65 ± 0,09	ns	21,66 ± 0,25	21,69 ± 0,10	ns
Lípidos totais (g/100g)	5,59 ± 0,35	3,00 ± 0,47	***	5,62 ± 0,49	3,93 ± 0,17	**	3,16 ± 0,13	2,82 ± 0,19	ns
Lípidos Neutros (g/100g)	4,80 ± 0,35	2,51 ± 0,47	***	4,47 ± 0,42	3,05 ± 0,26	**	2,34 ± 0,13	2,02 ± 0,15	ns
Lípidos Polares (g/100g)	0,79 ± 0,05	0,50 ± 0,03	***	1,15 ± 0,11	0,89 ± 0,10	ns	0,82 ± 0,01	0,80 ± 0,05	ns
Pigmentos totais (ppm)	78,87 ± 3,88	47,58 ± 2,69	***	111,54 ± 4,25	99,86 ± 4,05	0,08	96,27 ± 2,78	85,52 ± 6,51	ns
Mioglobina (µg/g)	2,05 ± 0,10	1,30 ± 0,03	***	2,90 ± 0,11	2,60 ± 0,11	0,08	2,50 ± 0,07	2,22 ± 0,17	ns
Colagénio Total (mg/g)	18,17 ± 0,94	14,50 ± 0,49	***	27,22 ± 1,72	27,37 ± 1,24	ns	11,13 ± 0,81	13,91 ± 2,08	ns

Sig.-significância: *** P < 0,01; ** P < 0,05; ns = não significativo (P > 0,05).

Para todos os músculos nos animais OUT, a humidade foi significativamente maior, o que demonstra que o sistema de produção influencia este parâmetro. Isto está de acordo com os resultados obtidos por vários autores (Andrés et al., 2001; Cava et al., 2000a). Sendo que o desenvolvimento de carnes DFD pode ter influenciado este parâmetro, levando a menores perdas de água, pois são carnes com maior CRA.

Vários autores verificaram uma correlação inversa entre humidade e teor de LT (Neves, 1998; Schmidt et al., 1973; Serrana, 2008), e uma correlação inversa entre os teores de proteína na dieta e teor de LT (Essén-Gustavsson, 1993; Neves, 1998), correlações estas que se verificam nos resultados obtidos.

Enfält et al. (1997) observou um maior teor de proteína nos músculos de suínos criados em sistemas extensivos, e Andrés et al. (2001) não observou diferenças significativas na PT do músculo BF, o que vai de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

A PT aumentou significativamente para o músculo LD, mas não para o BF e SM. Considerando que o catabolismo proteico é uma característica de ensaios com atividade muscular diminuída e as taxas de síntese e degradação proteica estão correlacionadas com a atividade do músculo (Goldspink, 1991), a atividade física exercida pelos animais OUT deveria ter aumentado os teores de PT em todos os músculos. Observações visuais dos animais OUT durante o ensaio, demonstraram que estes preferiam estar sentados ou deitados, o que pode explicar o fato de se ter obtido estes resultados, pois o músculo LD teria sido mais ativo do que o BF e SM.

Os valores obtidos neste trabalho para os LT estão de acordo com os obtidos por vários autores (Fernández et al., 2003; Mayoral et al., 1999; Muriel et al., 2004; Serra et al., 1998), que determinam que estes variam entre 3 e 10%. As características organolépticas da carne (suculência, textura e sabor) estão positivamente correlacionadas com o conteúdo em LT (Cava et al., 1997; Hocquette et al., 2010), sendo o mínimo aceitável para os consumidores de 2,5% de LT (Fernandez et al., 1999; Font-i-Furnols et al., 2012), valor que não foi ultrapassado neste trabalho.

A diminuição que se verifica nos LT (influenciada maioritariamente pela diminuição dos LN) dos animais OUT, vai de encontro com o demonstrado por Andrés et al. (2001), Bee et al. (2004), Lebret et al. (2002), Millet et al. (2005) e Sather et al. (1997).

Estes autores demonstraram que os animais em sistemas extensivos, e com o mesmo nível alimentar e idade que animais em sistemas intensivos, gastariam maior proporção da dieta em atividade física e/ou termorregulação, tendo assim menores teores de LT. Mas é contrário aos resultados obtidos por Cava et al. (2000a) no qual os LT foram similares entre sistemas de produção, ou por Daza et al. (2009) e Ventanas et al. (2008) em que os LT aumentaram nos animais de sistema extensivo. Sendo que nestes ensaios os animais não sofreram condições climáticas adversas, ou tinham idades superiores à dos animais neste ensaio, tendo assim a possibilidade de depositar mais gordura.

Os LP no músculo LD foram afetados pelo sistema de produção, apesar de esta fração lipídica ser relativamente estável (Wood et al., 2008), pois é constituída maioritariamente por fosfolípidos que são os principais constituintes da membrana celular e sub-celular (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991). Esta diminuição significativa de LP no músculo LD dos animais OUT em relação aos IN, pode ser justificada por um menor acréscimo de células adiposas nos animais OUT.

Alguns autores afirmam que os músculos mais oxidativos apresentam maiores teores lipídicos (Cameron, 1993; Cava et al., 2000a), outros que não existe relação entre LT e o tipo de fibras musculares (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991), e segundo Andrés et al. (2001) e Kauffman e Safanie (1967) o teor lipídico dos músculos não depende do tipo metabólico das fibras que o constituem, mas da propensão do músculo para acumular gordura na área extrafascicular, isto é, a nível do perimísio, como resultado de fatores genéticos e/ou ambientais. Assim, não é de todo incomum que o músculo LD tenha teores superiores de LT e LN, para ambos os sistemas de produção, que o músculo SM, sendo que este último tem mais LP, em relação ao LD, pois sendo mais oxidativo terá maior proporção de fosfolípidos. Isto confirma que os LP, contrariamente aos LT e LN são afetados pelo tipo de fibra muscular (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991), como demonstram os resultados similares obtidos por Cava et al. (2003).

Como foi referido na revisão bibliográfica o teor em pigmentos e mioglobina tende a aumentar com a atividade física e a idade. Vários autores reportam que os suínos devido à atividade física durante o período de montanha e idade avançada ao abate, contêm teores elevados de mioglobina (Andrés et al., 1999; Cava et al., 2003b; Estévez et al., 2003b; Huertas, 1990; Muriel et al., 2002). O maior teor de mioglobina e pigmentos

heme nos animais criados em sistemas extensivos deve-se ao fato dos músculos destes serem submetidos a uma maior atividade física, apresentando assim um maior conteúdo em fibras oxidativas, que são ricas em mioglobina, o que permite que acumulem maiores quantidades de oxigênio para o adequado desenvolvimento da função muscular (Andrés et al., 2001; Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991). Tal não se verifica nos resultados deste trabalho.

Segundo Edwards (2003) os animais criados ao ar livre, devido à maior área e a um ambiente mais diverso têm geralmente um maior comportamento exploratório, o que aumenta o tônus muscular, a densidade óssea e as necessidades energéticas. No entanto a proporção do dia que os animais passam ativos não aparenta aumentar significativamente nos sistemas extensivos (Guy et al., 2002), dependendo sim, maioritariamente da fome dos animais (Ewbank, 1974 citado por Edwards, 2005). Assim, uma potencial menor atividade física nos animais OUT pode ser explicado pelo fato do alimento ser fornecido, não tendo os animais necessidade de ter um comportamento exploratório e de pastoreio normal dos animais em sistema extensivo, ficando maioritariamente deitados ou sentados, como referido anteriormente, e não se verificando assim os maiores teores em mioglobina esperados para estes animais.

No entanto os resultados obtidos concordam com o fato de os músculos BF e SM serem mais oxidativos que o LD, pois possuem maior teor de mioglobina e pigmentos (Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991), e com a tendência observada, em suínos Alentejanos, por Neves (1998), de que os músculos da perna apresentam maiores teores de pigmentos totais do que o LD.

Segundo a revisão bibliográfica, o colagénio não aumenta e inclusive diminui com a idade, no entanto aumentam o número de ligações termo estáveis entre as moléculas de colagénio conferindo-lhe insolubilidade, sendo que os músculos locomotores (com maior atividade física) possuem mais ligações termo estáveis do que os posturais.

Assim verifica-se que o músculo SM (que possui menor teor de colagénio) foi nos animais em estudo, pouco ativo, em comparação com os músculos LD e BF, sendo que este último apresenta o valor mais elevado de colagénio.

4.3 Efeito do sistema de produção no perfil lipídico dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*

4.3.1 *Lípidos intramusculares neutros*

A composição em AG dos LN de todos os músculos em estudo foi afetada pelo sistema de produção, como se pode verificar pela Tabela 13.

Os ácidos mirístico (C14:0), C16:1 e C18:0 não foram influenciados pelo sistema de produção.

Para todos os músculos o teor em C16:0, o segundo mais abundante nos FAME identificados, foi significativamente ($P < 0,05$) afetado pelo sistema de produção, sendo maior nos animais OUT, em relação aos IN, nas proporções de 5,06, 5,35 e 3,96% para os músculos LD, BF e SM respetivamente.

O teor de C18:1, o mais abundante AG, sofreu um decréscimo significativo ($P < 0,01$) no músculo BF, de 4,17% nos animais OUT em relação aos IN.

O ácido gadoleico (C20:1), é significativamente ($P < 0,05$) menor no músculo SM, dos animais OUT em relação aos IN.

O teor em C18:2, é significativamente maior no músculo LD ($P < 0,05$) e BF ($P < 0,01$) para os animais OUT em relação aos IN, não sofrendo alterações significativas no músculo SM, sendo que a variação para o músculo LD foi de 15,79% e para o BF de 78,38%.

O teor de C18:3 foi afetado significativamente pelo sistema de produção, demonstrando maiores percentagens, de 28,02 ($P < 0,05$), 137,73 ($P < 0,01$) e 39,35% ($P < 0,09$) nos músculos LD, BF e SM respetivamente, nos animais OUT em relação aos IN.

Tabela 13. Efeito do sistema de produção no perfil dos lípidos neutros dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*.

	<i>Longissimus dorsi</i>			Sig.	<i>Biceps femoris</i>			Sig.	<i>Semimembranosus</i>		
	Interior	Exterior	Sig.		Interior	Exterior	Sig.		Interior	Exterior	Sig.
	IN	OUT			IN	OUT			IN	OUT	
C14:0	1,39 ± 0,03	1,34 ± 0,06	ns	1,25 ± 0,03	1,23 ± 0,04	ns	1,25 ± 0,02	1,21 ± 0,05	ns		
C16:0	25,15 ± 0,31	23,88 ± 0,23	**	23,75 ± 0,40	22,48 ± 0,36	**	22,43 ± 0,18	21,54 ± 0,25	**		
C18:0	11,16 ± 0,20	11,81 ± 0,46	ns	10,11 ± 0,27	10,10 ± 0,54	ns	9,36 ± 0,19	9,58 ± 0,25	ns		
Σ AG saturados (SFA)	37,70 ± 0,45	37,03 ± 0,54	ns	35,12 ± 0,63	33,82 ± 0,83	ns	33,04 ± 0,27	32,33 ± 0,31	ns		
C16:1 n-7	4,29 ± 0,13	4,16 ± 0,22	ns	3,35 ± 0,26	3,88 ± 0,28	ns	4,28 ± 0,12	4,18 ± 0,20	ns		
C18:1 n-9	53,51 ± 0,27	53,69 ± 0,53	ns	56,77 ± 0,53	54,40 ± 0,50	***	54,00 ± 0,25	54,70 ± 0,97	ns		
C20:1 n-9	0,78 ± 0,02	0,78 ± 0,02	ns	0,89 ± 0,03	0,85 ± 0,01	ns	0,93 ± 0,02	0,85 ± 0,03	**		
Σ AG Monoinsaturados (MUFA)	58,58 ± 0,34	58,63 ± 0,58	ns	61,00 ± 0,51	59,13 ± 0,66	**	59,22 ± 0,27	59,73 ± 0,99	ns		
C18:2 n-6	3,49 ± 0,18	4,04 ± 0,11	**	3,66 ± 0,36	6,53 ± 0,38	***	7,27 ± 0,11	7,28 ± 0,79	ns		
C18:3 n-3	0,23 ± 0,02	0,30 ± 0,02	**	0,22 ± 0,02	0,52 ± 0,06	***	0,47 ± 0,02	0,65 ± 0,09	0,09		
Σ AG Polinsaturados (PUFA)	3,72 ± 0,18	4,34 ± 0,12	**	3,88 ± 0,38	7,05 ± 0,43	***	7,74 ± 0,12	7,93 ± 0,87	ns		
Σ AG Insaturados (UFA)	62,30 ± 0,45	62,97 ± 0,55	ns	64,88 ± 0,63	66,18 ± 0,83	ns	66,96 ± 0,27	67,66 ± 0,31	ns		
Σ (PUFA/SFA)	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,00	**	0,11 ± 0,01	0,21 ± 0,02	***	0,23 ± 0,00	0,25 ± 0,03	ns		
Σ (n-6/n-3)	15,34 ± 0,72	13,85 ± 0,89	ns	16,18 ± 0,20	12,93 ± 0,84	**	15,74 ± 0,40	11,66 ± 0,93	**		
Σ n-9	54,29 ± 0,29	54,47 ± 0,52	ns	57,65 ± 0,56	55,25 ± 0,51	**	54,93 ± 0,27	55,55 ± 0,99	ns		
Índice Δ9-desaturase¹	0,61 ± 0,00	0,61 ± 0,01	ns	0,63 ± 0,01	0,64 ± 0,01	ns	0,64 ± 0,00	0,65 ± 0,01	ns		
Índice de saturação²	0,61 ± 0,01	0,59 ± 0,01	ns	0,54 ± 0,02	0,51 ± 0,02	ns	0,49 ± 0,01	0,48 ± 0,01	ns		
Índice trombogênico³	1,19 ± 0,02	1,15 ± 0,03	ns	1,06 ± 0,03	0,98 ± 0,04	ns	0,95 ± 0,01	0,91 ± 0,01	**		

Sig.-significância: *** P < 0,01; ** P < 0,05; ns = não significativo (P > 0,05).

¹ Índice Δ9-desaturase = MUFA/(SFA+MUFA).

² Índice de saturação = (C14:0+C16:0+C18:0)/(ΣMUFA+ΣPUFA).

³ Índice trombogênico = (C14:0+C16:0+C18:0)/[(0,5xΣMUFA)+(0,5xΣn6)+(3xΣn3)+(Σn3/Σn6)].

O somatório dos SFA não varia significativamente para os músculos em estudo, devido principalmente à maior percentagem, não significativa, do C18:0, que se contrapõe à da significativamente menor percentagem de C16:0. Ainda assim o parâmetro tende a ser menor em todos os músculos dos animais OUT.

O somatório dos MUFA é significativamente ($P<0,05$) menor no músculo BF dos animais OUT em relação aos IN, devido essencialmente à variação do C18:1 neste músculo.

Os PUFA, como esperado devido à variação dos ácidos C18:2 e C18:3, apresentam significativamente maiores teores para os músculos LD ($P<0,05$) e BF ($P<0,01$), mas não para o SM, pois a pequena variação do C18:3 neste músculo não é suficiente para se refletir no somatório dos PUFA. Ainda assim, estes variam em 16,55, 81,51 e 2,28% nos músculos LD, BF e SM respetivamente.

Os UFA não demonstram variações significativas nos músculos em análise em relação ao sistema de produção, mas há uma tendência em todos os músculos para maiores teores deste parâmetro nos animais OUT.

O rácio PUFA/SFA, devido à variação nos PUFA mas não nos SFA, foi afetado significativamente nos músculos LD ($P<0,05$) e BF ($P<0,01$) mas não no SM, sendo superior para todos os músculos dos animais OUT.

O rácio n-6/n-3 é menor em todos os músculos, dos animais OUT em relação aos IN, em 9,71 (ns), 20,11 ($P<0,05$) e 25,90% ($P<0,05$) nos músculos LD, BF e SM respetivamente.

O somatório dos AG n-9 é significativamente ($P<0,05$) menor no músculo BF, refletindo a variação neste músculo do teor em C18:1.

O índice $\Delta 9$ -desaturase e o índice de saturação não são afetados pelo sistema de produção, mas revelam tendência para aumentar e diminuir respetivamente nos músculos dos animais OUT em relação aos IN.

O índice trombogénico é menor nos animais OUT em relação aos IN em todos os músculos, sendo esta variação significativa ($P<0,05$) no músculo SM, devido essencialmente à variação do C18:3.

De acordo com vários autores o sistema de produção extensivo diminui os SFA nos LN (Andrés et al., 2001; Cava et al., 2000b; Daza et al., 2007; Rey et al., 2006). No entanto outros autores não encontraram diferenças nos SFA (Muriel et al., 2002; Ventanas et al., 2008), apesar do decréscimo significativo de alguns AG saturados.

Assim, e apesar do decréscimo significativo do C16:0 nos resultados deste trabalho este, tal como verificado por outros autores, não foi suficiente para influenciar significativamente os SFA.

Vários autores (Andrés et al., 2001; Cava et al., 2000b) reportam que, suínos de montanha (sujeitos a alimentação rica em C18:1) apresentam teores de MUFA nos LN mais elevados do que suínos criados em confinamento (alimentação pobre em C18:1). Outros não observaram diferenças significativas entre grupos (Daza et al., 2009), devido muito provavelmente ao alimento fornecido aos animais em confinamento ser rico em C18:1, como sugere Muriel et al. (2002). Assim os valores de MUFA observados para o músculo LD e SM, não diferem de os encontrados por outros autores, para situações similares.

No músculo BF os MUFA decrescem significativamente para os animais OUT. Esta variação, provocada pelo menor teor em C18:1, pode-se dever à oxidação seletiva deste AG para a produção de energia (Neves et al., 2007) durante o período de ensaio, e/ou para termorregulação, sendo isto mais visível neste músculo. Assim, e segundo Leyton et al. (1987) a taxa de oxidação do C18:1 é muito elevada, tornando-o um substrato muito eficiente para a formação de energia. Além disso, a presença de PUFA, principalmente C18:2 proveniente da pastagem, leva a uma inibição da formação de MUFA a partir do AG saturado correspondente, como referido na revisão bibliográfica. A conjugação destes fatores pode ter levado ao decréscimo significativo do C18:1 (4,17%) e MUFA (3,06%) neste músculo.

Os ácidos C18:2 e C18:3, os mais importantes PUFA, são totalmente derivados da dieta e a sua concentração nos músculos está diretamente relacionada com os da dieta. O C18:2 é mais rapidamente incorporado nos músculos do que o C18:3, e atinge valores mais altos (Wood et al., 2008), o que está de acordo com os valores obtidos neste trabalho. Assim os teores mais elevados dos ácidos C18:2 e C18:3 na dieta dos animais OUT, originários da pastagem, refletem-se num maior teor destes nos músculos LD e BF, dando origem a teores de PUFA mais elevados para estes animais, como verificado por vários autores (Andrés et al., 2001; Muriel et al., 2002; Nilzén et al., 2001).

No entanto no músculo SM não se deram diferenças significativas, nos LN, para o C18:2 e muito pouco significativas para o C18:3. Vários autores não encontraram diferenças significativas no C18:2 nos LN de suínos alimentados com dietas ricas neste

AG (Andrés et al., 2001; Cava et al., 1997), afirmando que talvez existam outros fatores que influenciam o teor de C18:2 nos LN, provavelmente relacionados com a desaturação e alongamento dos AG ou tipo de músculo (Andrés et al., 2001).

De acordo com Muriel et al., (2002) o tipo metabólico do músculo influencia a composição de AG nos LN, sendo que os músculos mais oxidativos apresentam teores de n-3 PUFA mais elevados, o que se verifica neste trabalho, pois o músculo SM apresenta os maiores teores de n-3 PUFA e o LD os menores. Já Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991), afirmam que a localização do músculo afeta a sua composição lipídica, sendo que o BF apresenta menores teores de C18:2 e PUFA que o SM, tal como se verifica neste trabalho.

As recomendações nutricionais para uma dieta saudável, do ponto de vista humano, sugerem um rácio de PUFA/SFA superior a 0,4, e um rácio n-6/n-3 menor que 4,0 (Department of Health, 1994 citado por Mas et al., 2010). Estes valores não são atingidos pelos animais em estudo, mas existe um acréscimo do rácio PUFA/SFA nos animais OUT (significativo para os músculos LD e BF), e um decréscimo do rácio n-6/n-3 (significativa para os músculos BF e SM), devido principalmente ao maior acréscimo do C18:3 em relação ao C18:2 (28,2 e 15,79, 137,73 e 78,38, 39,35 e 0,08% para os músculos LD, BF e SM respetivamente). Do ponto de vista de saúde humana o acréscimo verificado no C18:3 dos animais OUT é benéfico, pois a menor ingestão de AG n-3 tem sido associada a doenças crónicas (Williams, 2000). O aumento da ingestão de C18:3 e a diminuição de C18:2 promove a síntese endógena de AG n-3 de cadeia longa, considerados atualmente os mais benéficos para a saúde humana (Griffin, 2008; Wood e Enser, 1997).

Em relação aos índices, vê-se uma tendência positiva nos animais OUT para a saúde humana. O índice $\Delta 9$ -desaturase é superior, nos animais OUT, devido à diminuição dos SFA, sendo esta variação significativa para os músculos LD e SM. O índice de saturação é menor, nos animais OUT, em todos os músculos ainda que não significativamente, devido ao menor teor de SFA e maior de PUFA. O índice trombogénico, que normalmente varia entre 0,8 e 1,6 (Ulbricht e Southgate, 1991), também decresce em todos os músculos dos animais OUT, sendo significativo para o SM, devido ao maior teor em C18:3.

4.3.2 Lípidos intramusculares polares

O sistema de produção afetou a composição em AG nos LP de todos os músculos em estudo, como pode ser verificado na Tabela 14.

Os resultados para o C14:0 são contraditórios, possivelmente devido a limitações técnicas durante a identificação por cromatografia. Normalmente este AG nos LP sofre decréscimos mais ou menos significativos em animais de sistemas extensivos, como observado por vários autores (Andrés et al., 2001; Rey et al., 2006; Ventanas et al., 2008)

Os teores dos ácidos C16:0 e C18:0 são menores, nos animais OUT relativamente aos IN, em todos os músculos em estudo. O C16:0 decresce em 10,74 (P<0,01), 3,16 (P=0,05) e 3,14% (P<0,05) e o C18:0 em 16,20 (P<0,01), 9,07 (P<0,09) e 17,86% (P<0,01) para os músculos LD, BF e SM respetivamente.

Os ácidos C16:1 e C18:1 não sofrem alterações significativas com o sistema de produção.

O teor do C20:1 nos músculos LD e SM é significativamente (P<0,05) maior nos animais OUT em relação aos IN, sendo que no BF não há alterações significativas.

O teor do C18:2 no músculo BF é significativamente (P<0,01) maior nos animais OUT em relação aos IN, não se verificando variações significativas para os outros músculos.

O teor do C18:3 é significativamente (P<0,01) maior, nos animais OUT em relação aos IN, em todos os músculos.

Os SFA sofrem em todos os músculos, dos animais OUT em relação aos IN, um decréscimo significativo, de 11,11 (P<0,01), 5,86 (P<0,05) e 7,31% (P<0,01) nos músculos LD, BF e SM respetivamente.

Os MUFA não apresentam alterações significativas para o sistema de produção.

Os PUFA são significativamente superiores, nos animais OUT relativamente aos IN, em todos os músculos em estudo, nas proporções de 10,16 (P<0,05), 9,89 (P<0,01) e 8,03% (P<0,05) para os músculos LD, BF e SM respetivamente.

Os UFA sofrem em todos os músculos, dos animais OUT em relação aos IN, um acréscimo significativo, de 6,33 (P<0,01), 3,79 (P<0,05) e 4,65% (P<0,01) nos músculos LD, BF e SM respetivamente.

Tabela 14. Efeito do sistema de produção no perfil dos lípidos polares nos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*.

	<i>Longissimus dorsi</i>			<i>Biceps femoris</i>			<i>Semimembranosus</i>		
	Interior	Exterior	Sig.	Interior	Exterior	Sig.	Interior	Exterior	Sig.
	IN	OUT		IN	OUT		IN	OUT	
C14:0	0,63 ± 0,02	0,90 ± 0,08	***	0,90 ± 0,19	0,48 ± 0,02	***	0,46 ± 0,03	0,45 ± 0,02	ns
C16:0	27,10 ± 0,41	24,19 ± 0,39	***	27,08 ± 0,26	26,23 ± 0,29	0,05	27,42 ± 0,51	26,56 ± 0,30	**
C18:0	8,55 ± 0,31	7,17 ± 0,29	***	11,31 ± 0,41	10,28 ± 0,31	0,09	11,03 ± 0,17	9,06 ± 0,12	***
Σ AG saturados (SFA)	36,28 ± 0,35	32,25 ± 0,67	***	39,29 ± 0,63	36,99 ± 0,20	**	38,90 ± 0,53	36,06 ± 0,43	***
C16:1 n-7	2,49 ± 0,08	2,51 ± 0,26	ns	2,23 ± 0,05	2,04 ± 0,17	ns	1,81 ± 0,09	2,02 ± 0,10	ns
C18:1 n-9	34,39 ± 0,32	35,54 ± 0,67	ns	32,83 ± 0,69	32,93 ± 0,31	ns	31,46 ± 0,52	31,84 ± 0,24	ns
C20:1 n-9	0,23 ± 0,06	0,39 ± 0,01	**	0,45 ± 0,05	0,35 ± 0,01	ns	0,36 ± 0,01	0,40 ± 0,02	**
Σ AG Monoinsaturados (MUFA)	37,10 ± 0,35	38,43 ± 0,92	ns	35,52 ± 0,69	35,32 ± 0,35	ns	33,62 ± 0,54	34,26 ± 0,24	ns
C18:2 n-6	26,19 ± 0,3	28,03 ± 1,22	ns	24,76 ± 0,58	27,07 ± 0,16	***	26,97 ± 0,69	28,11 ± 0,24	ns
C18:3 n-3	0,42 ± 0,02	1,28 ± 0,14	***	0,44 ± 0,02	0,62 ± 0,02	***	0,50 ± 0,05	1,57 ± 0,20	***
Σ AG Polinsaturados (PUFA)	26,61 ± 0,29	29,31 ± 1,22	**	25,20 ± 0,58	27,69 ± 0,18	***	27,47 ± 0,69	29,68 ± 0,38	**
Σ AG Insaturados (UFA)	63,71 ± 0,35	67,75 ± 0,67	***	60,71 ± 0,63	63,01 ± 0,20	**	61,09 ± 0,53	63,94 ± 0,43	***
Σ (PUFA/SFA)	0,73 ± 0,01	0,91 ± 0,05	***	0,64 ± 0,02	0,75 ± 0,00	***	0,71 ± 0,03	0,82 ± 0,02	***
Σ (n-6/n-3)	63,50 ± 2,79	23,25 ± 2,82	***	56,59 ± 2,52	43,72 ± 0,96	***	57,13 ± 4,74	20,26 ± 3,85	***
Σ n-9	34,62 ± 0,33	35,93 ± 0,68	0,07	33,29 ± 0,70	33,28 ± 0,30	ns	31,82 ± 0,52	32,24 ± 0,23	ns
Índice Δ9-desaturase¹	0,51 ± 0,00	0,54 ± 0,01	***	0,47 ± 0,01	0,49 ± 0,00	ns	0,46 ± 0,01	0,49 ± 0,00	**
Índice de saturação²	0,57 ± 0,01	0,48 ± 0,01	***	0,65 ± 0,02	0,59 ± 0,01	***	0,64 ± 0,01	0,56 ± 0,01	***
Índice trombogénico³	1,10 ± 0,02	0,87 ± 0,02	***	1,25 ± 0,03	1,12 ± 0,01	***	1,22 ± 0,03	1,01 ± 0,03	***

Sig.-significância: *** P < 0,01; ** P < 0,05; ns = não significativo (P > 0,05).

¹ Índice Δ9-desaturase = MUFA/(SFA+MUFA).

² Índice de saturação = (C14:0+C16:0+C18:0)/(ΣMUFA+ΣPUFA).

³ Índice trombogénico = (C14:0+C16:0+C18:0)/[(0,5xΣMUFA)+(0,5xΣn6)+(3xΣn3)+(Σn3/Σn6)]

O rácio PUFA/SFA como esperado, devido ao decréscimo dos SFA e maiores teores de PUFA, é significativamente ($P<0,01$) maior, nos animais OUT em relação aos IN.

O rácio n-6/n-3 decresce significativamente ($P<0,01$), nos animais OUT em relação aos IN, em todos os músculos

O somatório n-9 não varia significativamente nos músculos BF e SM e tende a aumentar ($P<0,07$) nos músculo LD dos animais OUT em relação aos IN, devido principalmente ao acréscimo de C20:1 neste músculo.

O índice $\Delta 9$ -desaturase é significativamente maior nos músculos LD ($P<0,01$) e SM ($P<0,05$), dos animais OUT em relação aos IN, não se verificando alterações significativas para o músculo BF.

Os índices de saturação e trombogénico decrescem significativamente ($P<0,01$), nos animais OUT em relação aos IN, em todos os músculos.

Os LP, quando comparados com os LN, têm menores concentrações de SFA e MUFA, e maiores de PUFA, o que vai de acordo com os valores encontrados por outros autores (Andrés et al., 2001; Muriel et al., 2002).

O sistema de produção afetou a composição em AG dos LP, como verificado por vários autores (Andrés et al., 2001; Muriel et al., 2002; Rey et al., 2006; Ventanas et al., 2008), sendo esta variação mais significativa do que nos LN. Vários autores (Andrés et al., 2001; Ventanas et al., 2008) justificam esta maior variação não só devido ao sistema de produção mas também à maior taxa de renovação dos LP. Assim, estes são mais influenciados pela alimentação, principalmente no período antes do abate, o que neste ensaio se verificou no recrescimento da pastagem (rica em C18:3) durante o período de outono.

Os SFA sofrem uma redução significativa nos músculos em análise nos animais OUT, devido ao decréscimo geral dos ácidos C16:0 e C18:0. Vários autores encontraram diferenças significativas nos AG individuais, principalmente de C16:0 nos animais criados em sistemas extensivos, que levaram à redução dos SFA (Andrés et al., 2001; Ventanas et al., 2008), o que é concordante com os resultados apresentados.

Como apresentado os MUFA não são afetados pelo sistema de produção. Vários autores (Muriel et al., 2002; Rey et al., 2006) não encontraram diferenças significativas nos MUFA entre animais de diferentes sistemas de produção, apesar do maior teor de

AG individuais, como se verifica nos resultados obtidos neste trabalho. Outros autores (Andrés et al., 2001; Ventanas et al., 2008) obtiveram alterações significativas nos MUFA, devido principalmente aos maiores teores de C18:1 nos animais de sistemas extensivos, sendo este aumento justificado com diferenças na composição das dietas entre sistemas de produção.

Os PUFA são totalmente originários da dieta e são significativamente superiores nos animais OUT, devido principalmente ao maior teor de C18:3, proveniente da pastagem, tal como verificado por vários autores (Muriel et al., 2002; Rey et al., 2006). Outros autores (Andrés et al., 2001; Muriel et al., 2002) verificaram que os animais criados em extensivo possuíam menores teores de PUFA, devido à maior concentração de C18:2 na dieta fornecida aos animais em confinamento. Isto demonstra a influência da alimentação nos teores de PUFA, pois a eficiência de absorção para o tecido muscular é superior para o C18:2 do que para o C18:3 (Nguyen et al., 2003) e ambos competem pela inclusão nos tecidos lipídicos (Wood et al., 1996 citado por Wood e Enser, 1997). Já Rey et al. (2006) observaram diferenças significativas entre animais alimentados em montanha, e animais alimentados com bolotas e pastagem em confinamento, sendo que estes últimos obtiveram menores teores de PUFA, o que indica a intervenção de outros fatores, ligados ao tipo de sistema de produção, na deposição destes AG.

A composição em AG dos LP, ricos em PUFA, torna-os mais suscetíveis do que os LN à oxidação lipídica, nos quais os PUFA têm menor proporção (Andrés et al., 2001; Cava et al., 2003a). No entanto vários estudos (Cava et al., 2000b; Daza et al., 2005b) demonstraram o papel do tocoferóis (fornecidos pela pastagem) na suscetibilidade dos lípidos à oxidação, prevenindo assim a sua oxidação.

Do ponto de vista de saúde humana os animais OUT, nos LP, tal como nos LN, obtêm valores mais benéficos. No entanto, esta variação nos LP é mais pronunciada, pois estes têm teores de PUFA mais elevados, principalmente C18:3, e menores teores de SFA. Assim os rácios PUFA/SFA, n-6/n-3 e índices de saturação e trombogénico, apresentam nos LP variações mais expressivas que nos LN, o que está de acordo com os resultados obtidos por vários autores (Muriel et al., 2002; Rey et al., 2006).

5 CONCLUSÕES

O sistema de produção extensivo, com acesso a pastagem, dá origem a animais com melhores performances zootécnicas, pois esse alimento adicional permite-lhes maiores GMD.

O efeito do sistema de produção extensivo, para carne fresca (abate entre 90 Kg e 110 Kg), não afeta o rendimento de carcaça e inclusive aumenta o rendimento comercial, influenciado pela maior proporção de peças nobres, devido ao desenvolvimento muscular nos animais ser superior.

Devido a condições adversas os músculos em estudo desenvolveram carnes com desvio de qualidade (elevada CRA e pH), não se podendo comparar devidamente as características físicas destes. Ainda assim conclui-se que os animais não devem sofrer stress, e que se houver uma impossibilidade de o prevenir, deve-se dar tempo para os animais recuperarem.

O sistema de produção extensivo originou carnes com maior humidade mas menores teores de lípidos, principalmente lípidos neutros, devido à mobilização destes para colmatar necessidades energéticas.

O músculo *Semimembranosus*, devido a características intrínsecas é menos influenciado pelo sistema de produção do que o *Biceps femoris* e *Longissimus dorsi*, sendo este último o mais influenciado

O acesso a pastagem dá origem a maiores teores de PUFA e melhores níveis de PUFA/SFA e n-6/n-3, devido principalmente ao maior teor em C18:3, sendo assim a carne dos animais de sistema extensivo mais benéfica do ponto de vista nutricional e de saúde humana.

Em conclusão, o sistema de produção influencia a performance, características de carcaça e físico-químicas, bem como o perfil lipídico dos músculos, sendo que os animais OUT apresentaram maiores rendimentos comerciais, carne com menor teor de lípidos, mas melhores características nutricionais.

6 BIBLIOGRAFIA

- Adzitey, F., Nurul, H., 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences - a mini review. *International Food Research Journal* 18, 11–20.
- Allee, G.L., Romsos, D.R., Leveille, G.A., Baker, D.H., 1972. Lipogenesis and enzymatic activity in pig adipose tissue as influenced by source of dietary fat. *Journal of Animal Science* 35, 41–47.
- Allen, C.E., Foegeding, E.A., 1981. Some lipid characteristics and interactions in muscle foods - a review. *Food Technology* 35, 253–257.
- Allen, R.E., Merkel, R.A., Young, R.B., 1979. Cellular aspects of muscle growth: myogenic cell proliferation. *Journal of Animal Science* 49, 115–127.
- Anderson, D.B., Kauffman, R.G., 1973. Cellular and enzymatic changes in porcine adipose tissue during growth. *Journal of Lipid Research* 14, 160–168.
- Anderson, D.B., Kauffman, R.G., Kastenschmidt, L.L., 1972. Lipogenic enzyme activities and cellularity of porcine adipose tissue from various anatomical locations. *Journal of Lipid Research* 13, 593–599.
- Andrade, A.S., 1938. Notas históricas de Interesse Pecuário. *Boletim Pecuário* VI, 81–275.
- Andrés, A.I., Cava, R., Mayoral, A.I., Tejeda, J.F., Morcuende, D., Ruiz, J., 2001. Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science* 59, 39–47.
- Andrés, A.I., Ruiz, J., Ventanas, J., Tejeda, J.F., Mayoral, A.I., 1999. Muscle fibre types in Iberian pigs : influence of crossbreeding with Duroc breed and rearing conditions. *Annales de Zootechnie* 48, 397–405.
- Antunes, J.C.C., Oliveira, A.R., 1985. Evolução da consaguinidade em núcleos fechados de porco Alentejano, in: XXI Jornadas Luso-Espanholas de Genética. Vila Real. Portugal.
- Bailey, A.J., 1985. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. *Journal of Animal Science* 60, 1580–1587.
- Bannon, C.D., Craske, J.D., Hilliker, A.E., 1985. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. IV. Fats with fatty acids containing four or more carbon atoms. *Journal of the American Oil Chemists Society* 62, 1501–1507.
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Moss, B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science* 65, 71–79.
- Bee, G., Guex, G., Herzog, W., 2004. Free-range rearing of pigs during the winter: adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *Journal of Animal Science* 82, 1206–1218.
- Bergouignan, A., Schoeller, D.A., Normand, S., Gauquelin-Koch, G., Laville, M., Shriver, T., Desage, M., Le Maho, Y., Ohshima, H., Gharib, C., Blanc, S., 2006. Effect of physical inactivity on the oxidation of saturated and monounsaturated dietary Fatty acids: results of a randomized trial. *PLoS Clinical Trials* 1, e27.

- Bernlohr, D.A., Jenkins, A.E., Bennaars, A.A., 2002. Adipose tissue and lipid metabolism, in: Vance, D.E., Vance, J.E. (Eds.), *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 263–289.
- Bonneau, M., Lebret, B., 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science* 84, 293–300.
- Boone, C., Mourot, J., Grégoire, F., Remacle, C., 2000. The adipose conversion process: regulation by extracellular and intracellular factors. *Reproduction Nutrition Development* 40, 325–358.
- Brewer, M.S., Zhu, L.G., Bidner, B., Meisinger, D.J., McKeith, F.K., 2001. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science* 57, 169–176.
- Brooke, M.S., Kaiser, K.K., 1970. Three myosin adenosine triphosphatase systems: the nature of their pH liability and sulphydryl dependence. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* 18, 670–672.
- Bruce, J.M., Clark, J.J., 1979. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. *Animal Production* 28, 353–369.
- Cameron, N.D., 1993. Selection for meat quality: objectives and criteria. *Pig News Inform* 14, 161–168.
- Carvalho, J.O., 1964. Contribuição para o estudo económico da montanheira., Junta Nacional dos Produtos Pecuários. Lisboa.
- Carvalho, M.A.M., 2009. Estudo da alometria dos ácidos gordos em suínos da raça bísara. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Casabianca, F., 1996. Optimization des systèmes d'élevage traditionnels du porc méditerranéen. *Produzione Animale* IX, 51–59.
- Cava, R., Andrés, A.I., 2001. la obtención de la materia prima de una adecuada aptitud tecnológica. Características de la grasa determinantes de la calidad del jamón: influencia de los factores genéticos y ambientales., in: Ventanas, J. (Ed.), *Tecnología Del Jamón Ibérico. De Los Sistemas Tradicionales a La Explotación Racional Del Sabor Y El Aroma*. Multiprensa, Madrid, pp. 99–129.
- Cava, R., Andrés, A.I., Ruiz, J., Tejeda, J.F., Ventanas, J., 1999. Influencia de la alimentación sobre el perfil de ácidos grasos, in: *I Jornadas Sobre El Cerdo Ibérico Y Sus Productos*. Gráficas Salamanca, 22-25 Junio, Salamanca-Guijuelo, pp. 126–134.
- Cava, R., Estévez, M., Morcuende, D., Antequera, T., 2003a. Evolution of fatty acids from intramuscular lipid fractions during ripening of Iberian hams as affected by α -tocopheryl acetate supplementation in diet. *Food Chemistry* 81, 199–207.
- Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J., Morcuende, D., 2003b. Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science* 63, 533–541.
- Cava, R., Ferrer, J.M., Estévez, M., Morcuende, D., Toldrá, F., 2004. Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle *Longissimus dorsi* from Iberian pigs and industrial genotype pigs. *Food Chemistry* 88, 25–33.
- Cava, R., Ruiz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., Ventanas, J., Antequera, T., 1997. Influence of finishing diets on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberian pig. *Meat Science* 45, 263–270.
- Cava, R., Ventanas, J., Ruiz, J., Andrés, A.I., Antequera, T., 2000a. Sensory

- characteristics of Iberian ham: influence of rearing system and muscle location. *Food Science and Technology International* 6, 235–242.
- Cava, R., Ventanas, J., Tejeda, J.F., Ruiz, J., Antequera, T., 2000b. Effect of free-range rearing and α -tocopherol and copper supplementation on fatty acid profiles and susceptibility to lipid oxidation of fresh meat from Iberian pigs. *Food Chemistry* 68, 51–59.
- Chang, J.H., Lunt, D.K., Smith, S.B., 1992. Fatty acid composition and fatty acid elongase and stearoyl-CoA desaturase activities in tissues of steers fed high oleate sunflower seed. *The Journal of Nutrition* 122, 2074–2080.
- Christensen, M., Henckel, P., Purslow, P.P., 2004. Effect of muscle type on the rate of post-mortem proteolysis in pigs. *Meat Science* 66, 595–601.
- CIE, 1976. Commission Internationale de l'Éclairage, 18th Session, CIE Publication.
- CIELAB, 2011. Color models - technical guides [WWW Document]. URL http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html (accessed 1.7.16).
- Covas, A., 1993. A agricultura Portuguesa para os anos noventa. *Economia e Sociologia* 55, 23–38.
- D'Abreu, C.M.O., 1992. Valor alimentar de três pastagens anuais para ovinos. Tese de Doutorado. Universidade de Évora.
- dalla Costa, O.A., Faucitano, L., Coldebella, A., Ludke, J.V., Peloso, J.V., dalla Roza, D., Paranhos da Costa, M.J.R., 2007. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livestock Science* 107, 29–36.
- Daza, A., 1996. El Sector del Porcino Ibérico - I. *Mundo Ganadero* 83, 30–34.
- Daza, A., Mateos, A., López Carrasco, C., Rey, A., Ovejero, I., López-Bote, C.J., 2006. Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of Iberian pigs, and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Science* 72, 1–8.
- Daza, A., Mateos, A., Rey, A.I., López-Bote, C.J., 2005a. Effect of feeding level during the period previous to free-range fattening on growth and carcass characteristics in Iberian pigs. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3, 387–395.
- Daza, A., Mateos, A., Rey, A.I., Ovejero, I., López-Bote, C.J., 2007. Effect of duration of feeding under free-range conditions on production results and carcass and fat quality in Iberian pigs. *Meat Science* 76, 411–416.
- Daza, A., Olivares, A., Rey, A.I., Ruiz, J., López-Bote, C.J., 2008. Iberian pig production: the problems of success. *Options Méditerranéennes A*, 163–171.
- Daza, A., Rey, A.I., Olivares, A., Cordero, G., Toldrá, F., López-Bote, C.J., 2009. Physical activity-induced alterations on tissue lipid composition and lipid metabolism in fattening pigs. *Meat Science* 81, 641–6.
- Daza, A., Rey, A.I., Ruiz, J., Lopez-Bote, C.J., 2005b. Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α -tocopheryl acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in iberian pigs. *Meat Science* 69, 151–63.
- Daza, A., Rodríguez, I., Ovejero, I., López-Bote, C.J., 2003. Effect on pig performance of feed restriction during the growth period. *Spanish Journal of Agricultural Research* 1, 3–8.
- Devish, N., 1995. Perspectivas económicas da pecuária europeia: objetivos e estratégias dos criadores. *Alimentação Animal* Ano V, 4–12.
- Edwards, S.A., 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production.

- Livestock Production Science 94, 5–14.
- Edwards, S.A., 2003. Intake of nutrients from pasture by pigs. Proceedings of the Nutrition Society 62, 257–265.
- Enfält, A.C., Lundström, K., Hansson, I., Karlsson, A., Essén-Gustavsson, B., Håkansson, J., 1993. Moderate indoor exercise: effect on production and carcass traits, muscle enzyme activities and meat quality in pigs. Animal Science 57, 127–135.
- Enfält, A.C., Lundström, K., Hansson, I., Lundeheim, N., Nyström, P.E., 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. Meat Science 45, 1–15.
- Enser, M., 1983. The relationship between the composition and consistency of pig backfat., in: Wood, J.D. (Ed.), Fat Quality in Lean Pigs. Meat Research Institute, Special Report n° 2, pp. 53–57.
- Essén-Gustavsson, B., 1993. Muscle fiber characteristics in pigs and relationships to meat quality parameters A review, in: Poulanne, E., Demeyer, D., Ellis, S. (Eds.), Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. CAB International, Wallingford, UK, pp. 140–159.
- Estévez, M., Morcuende, D., Cava, R., 2003a. Oxidative and colour changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. Meat Science 65, 1139–46.
- Estévez, M., Morcuende, D., López, R.C., 2003b. Physico-chemical characteristics of M. Longissimus dorsi from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. Meat Science 64, 499–506.
- Etherington, D.J., Sims, T.J., 1981. Detection and estimation of collagen. Journal of the Science of Food and Agriculture 32, 539–546.
- Etherton, T.D., Allen, C.E., 1980. Effects of age and adipocyte size on glucose and palmitate metabolism and oxidation in pigs. Journal of Animal Science 50, 1073–1084.
- 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 actividade. Revista de Suinocultura 78, 54–63.
- Fernández, A., de Pedro, E., Núñez, N., Silió, L., García-Casco, J., Rodríguez, C., 2003. Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. Meat Science 64, 405–410.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., Lebret, B., 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat — 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. Meat Science 53, 67–72.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry 226, 497–509.
- Font-i-Furnols, M., Tous, N., Esteve-Garcia, E., Gispert, M., 2012. Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. Meat Science 91, 448–453.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A., 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Acribia Editorial, Zaragoza.

- Franco, A., 2011. Porco Alentejano - o senhor do montado. althum.com, Lisboa.
- Frazão, T.L., 1984. O Porco Alentejano Melhorado. Boletim Pecuário XXXIII, 13–75.
- Freitas, A.A.G.B., 1998. Influência do nível alimentar e regime alimentar em pré-acabamento sobre o crescimento e desenvolvimento do porco Alentejano e suas repercussões sobre o acabamento em montanha e com alimento comercial. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora. Universidade de Évora.
- Freitas, A.B., 2014. A raça suína Alentejana: passado, presente e futuro, in: Silva Filha, O.L. (Ed.), Las Razas Porcinas Iberoamericanas : Un Enfoque Etnozootécnico. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Salvador, Brasil, pp. 55–80.
- Freitas, A.B., Neves, J.A., Martins, J.M., Nunes, J.T., 2006. O sistema agro-silvo-pastoril da raça suína Alentejana, in: IV Congreso Latinoamericano de Agroforesteria Para La Produccion Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba, p. 6.
- Freitas, A.B., Neves, J.A., Nunes, J.T., Charneca, R., Martins, J.M., 2007. Desenvolvimento do tecido adiposo e muscular em suínos de raça Alentejana. Revista de Ciências Agrárias 30, 317–332.
- Gentry, J.G., Mcglone, J.J., Blanton, J.R., Miller, M.F., 2002a. Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs. Journal of Animal Science 80, 2833–2839.
- Gentry, J.G., McGlone, J.J., Miller, M.F., Blanton, J.R., 2004. Environmental effects on pig performance, meat quality, and muscle characteristics. Journal of Animal Science 82, 209–217.
- Gentry, J.G., Mcglone, J.J., Miller, M.F., Blanton, J.R., 2002b. Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. Journal of Animal Science 80, 1707–1715.
- 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 2-3.
- Geverink, N.A., Kappers, A., Van De Burgwal, J.A., Lambooij, E., Blokhuis, H.J., Wiegant, V.M., 1998. Effects of regular moving and handling on the behavioral and physiological responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for subsequent meat quality. Journal of Animal Science 76, 2080–2085.
- Girard, J.P., Bout, J., Salort, D., 1988. Lipids et qualités du tissu adipeux, facteurs de variation. Journées de la Recherche Porcine en France 255–278.
- Girard, J.P., Brucharles, C., 1985. Evolution post-mortem des gras animaux: la lipolyse. Bulletin Technique du Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de Theix (France) 62, 81–92.
- Girard, J.P., Goutefongea, R., Monin, G., Touraille, C., 1991. Qualités des viandes de porc., in: Le Porc et Son Élevage Bases Scientifiques et Techniques. Maloine, Paris, pp. 461–480.
- Goldspink, D.F., 1991. Exercise-related changes in protein turnover in mammalian striated muscle. The Journal of Experimental Biology 160, 127–48.
- Gondret, F., Lebret, B., 2002. Feeding intensity and dietary protein level affect adipocyte cellularity and lipogenic capacity of muscle homogenates in growing pigs, without modification of the expression of sterol regulatory element binding protein. Journal of Animal Science 3184–3193.
- Goutefongea, R., 1966. Étude comparative de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. Annales de Zootechnie 15, 291–

- Griffin, B.A., 2008. How relevant is the ratio of dietary n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids to cardiovascular disease risk? Evidence from the OPTILIP study. *Current Opinion in Lipidology* 19, 57–62.
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science* 70, 709–716.
- Guerre-Millo, M., 2003. Extending the glucose/fatty acid cycle: a glucose/adipose tissue cycle. *Biochemical Society Transactions* 31, 1161–1164.
- Gurr, M.I., 1988. Comparative aspects of nitrogen metabolism: lipid metabolism, in: Libbey, J. (Ed.), *Comparative Nutrition*. Blaxter & Macdonald, London, pp. 73–90.
- Gustafson, G.M., Stern, S., 2003. Two strategies for meeting energy demands of growing pigs at pasture. *Livestock Production Science* 80, 167–174.
- Guy, J.H., Rowlinson, P., Chadwick, J.P., Ellis, M., 2002. Behaviour of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* 3, 193–206.
- Henry, Y., 1977. Développement morphologique et métabolique du tissu adipeux chez le porc: influence de la sélection, de l'alimentation et du mode d'élevage. *Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique* 17, 923–952.
- Herrera-Mendez, C.H., Becila, S., Boudjellal, A., Ouali, A., 2006. Meat ageing: Reconsideration of the current concept. *Trends in Food Science and Technology* 17, 394–405.
- 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.
- 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*.
- Huertas, M.C., 1990. Lipólisis, autooxidación lipídica y evolución de los carbonilos y aminos volátiles en la maduración del jamón de Jabugo. Tesis Doctoral. Universidad de León. Universidad de León.
- INRA, 1984. *L'Alimentation des animaux monogastriques: Porc, Lapin, Volailles*. Paris.
- Isabel, B., Lopez-Bote, C.J., de la Hoz, L., Timón, M., García, C., Ruiz, J., 2003. Effects of feeding elevated concentrations of monounsaturated fatty acids and vitamin E to swine on characteristics of dry cured hams. *Meat Science* 64, 475–482.
- Jakobsen, K., 1995. Fatty acids – possibilities of enriching meat with n-3 fatty acids. *Meat Focus International* 4, 286–289.
- Junqueira, L.C., Carneiro, J., 2008. *Tecido Adiposo*, in: *Histologia Básica*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp. 124–129.
- Karlsson, A.H., Enfält, A.-C., Essén-Gustavsson, B., Lundström, K., Rydhmer, L., Stern, S., 1993. Muscle histochemical and biological properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science* 71, 930–938.
- Karlsson, A.H., Klont, R.E., Fernandez, X., 1999. Skeletal muscle fibers as factors for pork quality. *Livestock Production Science* 60, 255–269.
- Kauffman, R.G., Safanie, A.H., 1967. Influence of porcine muscle structure on its lipid accumulation during growth. *Journal of Food Science* 32, 283–286.
- Kerth, C.R., 2013. *The Science of Meat Quality*. Wiley-Blackwell.

- Lamboojij, E., Hulsegge, B., Klont, R.E., Winkelman-Goedhart, H.A., Reimert, H.G.M., Kranen, R.W., 2004. Effects of housing conditions of slaughter pigs on some post mortem muscle metabolites and pork quality characteristics. *Meat Science* 66, 855–862.
- Lawrie, R.A., 2006a. Chemical and biochemical constitution of muscle., in: *Meat Science 7th Edition*. Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp. 75–127.
- Lawrie, R.A., 2006b. The eating quality of meat, in: *Meat Science 7th Edition*. Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp. 279–341.
- Lawrie, R.A., 1988. The structural and physiological basis of meat quality with particular reference to pork, in: *Proceedings of the Meeting Pig Carcass and Meat Quality*. Università di Bologna, Reggio Emilia, Italy, June 2-3, p. 73.
- Lebret, B., 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal* 2, 1548–1558.
- Lebret, B., Lefaucheur, L., Mourot, J., 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc . Facteurs de variation non génétiques. *INRA Productions Animales* 11, 131–143.
- Lebret, B., Massabie, P., Granier, R., Juin, H., Mourot, J., Chevillon, P., 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Science* 62, 447–455.
- Lebret, B., Meunier-Salaün, M.C., Foury, A., Mormède, P., Dransfield, E., Dourmad, J.Y., 2006. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *Journal of Animal Science* 84, 2436–2447.
- Lebret, B., Prunier, A., Bonhomme, N., Foury, A., Mormède, P., Dourmad, J.Y., 2011. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Science* 88, 14–22.
- Lee, Y.B., Kauffman, R.G., 1974. Cellularity and lipogenic enzyme activities of porcine intramuscular adipose tissue. *Journal of Animal Science* 38, 538–544.
- Lefaucheur, L., 2010. A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science* 84, 257–270.
- Lefaucheur, L., 1989. Les différent types de fibres musculaires chez le porc. Conséquences sur la production de viande. *INRA Productions Animales* 2, 205–213.
- Leseigneur-Meynier, A., Gandemer, G., 1991. Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of fibres. *Meat Science* 29, 229–241.
- Levene, H., 1960. Robust test for equality of variance, in: Olkin, I. (Ed.), *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. Stanford University Press, Stanford, pp. 278–292.
- Lewis, D., Hill, K.J., 1983. The provision of nutrients, in: Rook, J.A.F., Thomas, P.C. (Eds.), *Nutritional Physiology of Farm Animals*. Longman Inc., London, pp. 3–40.
- Lewis, P.K., Rakes, L.Y., Brown, C.J., Noland, P.R., 1989. Effect of exercise and pre-slaughter stress on pork muscle characteristics. *Meat Science* 26, 121–129.
- Leyton, J., Drury, P.J., Crawford, M.A., 1987. Differential oxidation of saturated and unsaturated fatty acids in vivo in the rat. *The British Journal of Nutrition* 57, 383–393.
- Light, N., Champion, A.E., 1984. Characterization of muscle epimysium, perimysium

- and endomysium collagens. *The Biochemical Journal* 219, 1017–26.
- Lima, S.B., 1865. História natural e económica da montanha. *O Arquivo Rural* VIII, 91–96.
- Lister, D., Perry, B.N., Wood, 1983. Meat Production, in: Rook, J.A.F., Thomas, P.C. (Eds.), *Nutritional Physiology of Farm Animals*. Longman Inc., London, pp. 447–537.
- Listrat, A., Leuret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., Picard, B., Bugeon, J., 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Scientific World Journal*, 2016 1–14.
- López-Bote, C.J., 2001. Alimentación del cerdo ibérico con piensos compuestos., in: Buxadé, C., Daza, A. (Eds.), *Porcino Ibérico: Aspectos Claves*. Mundi Prensa Libros, Madrid, pp. 247–272.
- López-Bote, C.J., 1998. Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science* 49, S17-27.
- López-bote, C.J., Rey, A.I., Sanz, M., Gray, J.I., Buckley, D.J., 1997. Dietary vegetable oils and a-tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. *The Journal of Nutrition* 127, 1176–1182.
- López-Carrasco, C., Contreras, J.M., Daza, A., Rey, A., López-Bote, C.J., 2003. Fatty acid composition and carcass characteristics of Iberian pigs fed in either free-range or in confinement with acorns and grass or a formulated diet., in: 54th Annual Meeting of European Association for Animal Production. Roma, Itália, p. 2.
- Macarro, J.B.A., 1987. El cerdo Ibérico., in: Premio de Investigación. Convocado Por Sánchez Romero Carvajal. Industrias Gráficas Gaditanas, Cádiz, España., pp. 1–56.
- MacDougall, D.B., 1988. Color vision and appearance measurement., in: Piggout, J.R. (Ed.), *Sensory Analysis of Foods*. Elsevier, London, pp. 103–130.
- Madsen, A., Jakobsen, K., Mortensen, H.P., 1992. Influence of dietary-fat on carcass fat quality in pigs - A review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A - Animal Science* 42, 220–225.
- Magalhães, J.R., 1993. As estruturas da produção agrícola e pastoril, in: Mattoso, J. (Ed.), *História de Portugal: No Alvorecer Da Modernidade*. Editorial Estampa, Lisboa, pp. 243–281.
- Marmer, W.N., Maxwell, R.J., 1981. Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. *Lipids* 16, 365–371.
- Martínez, A.C., Alvarez-Mon, M., 1999. O sistema imunológico (II): importância dos imunomoduladores na recuperação do desportista. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 5, 159–166.
- Martins, J.M., Neves, J.A., Freitas, A.B., Tirapicos, J.L., 2012. Effect of long-term betaine supplementation on chemical and physical characteristics of three muscles from the Alentejano pig. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2122–2127.
- Mas, G., Llavall, M., Coll, D., Roca, R., Diaz, I., Gispert, M., Oliver, M.A., Realini, C.E., 2010. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. *Meat Science* 85, 707–714.
- Mayoral, A.I., Dorado, M., Guillén, M.T., Robina, A., Vivo, J.M., Vázquez, C., Ruiz, J., 1999. Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs

- reared outdoors. *Meat Science* 52, 315–324.
- Mayoral, A.I., Vivo, J.M., Guillén, M.T., Regodón, S., 1995. Etude radiologique du membre thoracique chez le porc ibérique en croissance (de la naissance à 16 mois). *Revue de Médecine Vétérinaire* 146, 255–264.
- McCormick, R.J., 1992. The flexibility of the collagen compartment of muscle, in: *Proceedings of the 38th International Congress of Meat Science and Technology*. Clermont-Ferrand, France, pp. 51–59.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., 2010. *Animal Nutrition*, 7th ed. Pearson Prentice Hall, London.
- Medina Blanco, M., 1956. Contribución al estudio del área de la encina en la provincia de Córdoba e de sus posibilidades alimenticias para el ganado. Imprenta Moderna.
- Millet, S., Raes, K., Van den Broeck, W., De Smet, S., Janssens, G.P.J., 2005. Performance and meat quality of organically versus conventionally fed and housed pigs from weaning till slaughtering. *Meat Science* 69, 335–341.
- Monin, G., 2000. Influence des facteurs de production sur les qualités technologiques et sensorielles des viandes de porc., in: Almeida, J.A., Tirapicos Nunes, J.L. (Eds.), *Séminaires Méditerranéens. Options Méditerranéennes.*, Zaragoza, pp. 167–179.
- Monin, G., 1988. Évolution post-mortem du tissu musculaire et conséquences sur la qualité de la viande de porc. *Journées Recherche Porcine en France* 20, 201–214.
- Moniz, M.C., 1995. O Porco na História Baixo-Medieval de Évora., *Cadernos de Etnografia*. Câmara Municipal de Évora, Évora.
- Morales, J., Pérez, J.F., Baucells, M.D., Mourot, J., Gasa, J., 2002. Comparative digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad libitum corn- and corn-sorghum-acorn-based diets. *Livestock Production Science* 77, 195–205.
- Morrison, R.T., Boyd, R.N., 1996. Lípidos. Gorduras e Esteróides, in: *Química Orgânica*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, pp. 1255–1259.
- Mourot, J., Aumaitre, A., Mounier, A., Wallet, P., 1992. Interaction entre vitamine E et acide linoléique alimentaires sur la composition de la carcasse, la qualité et la conservation des lipides de la viande de porc. *Sciences des Aliments* 12, 743–755.
- Mourot, J., Hermier, D., 2001. Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Development* 41, 109–118.
- Mourot, J., Kouba, M., 1998. Lipogenic enzyme activities in muscles of growing Large White and Meishan pigs. *Livestock Production Science* 55, 127–133.
- Muriel, E., Antequera, T., Ruiz, J., 2002. Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo Ibérico. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3, 241–247.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Antequera, T., 2002. Free-range rearing increases (n-3) polyunsaturated fatty acids of neutral and polar lipids in swine muscles. *Food Chemistry* 78, 219–225.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petró, M.J., Antequera, T., 2004. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science* 67, 299–307.
- Natividade, J.V., 1950. *Subercultura*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Direcção Geral de Florestas, Lisboa.
- Neves, J.A., 1998. Influência da engorda em montanha sobre as características bioquímicas e tecnológicas da matéria prima e do presunto curado de porco

- alentejano. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.
- Neves, J.A., Sabio, E., Freitas, A., Almeida, J.A.A., 1996. Déposition des lipides intramusculaires dans le porc Alentejano. L'effet du niveau nutritif pendant la croissance et du régime alimentaire pendant l'engraissement. *Produzione Animale* 9, 93–97.
- Neves, J., Freitas, A.B., Martins, J.M., Ferraz de Oliveira, M.I., Cancela d'Abreu, M., 2007. Evolution of the composition in fatty acids of the dorsal subcutaneous adipose tissue from Alentejano pigs fed on pasture and acorns, in: Nanni Costa, L., Zamboneli, P., Russo, V. (Eds.), *Proceedings of 6th International Symposium on the Mediterranean Pig. Messina - Capo d'Orlando (ME), Italy*, pp. 161–163.
- Nguyen, L.Q., Nuijens, M.C.G.A., Everts, H., Salden, N., Beynen, A.C., 2003. Mathematical relationships between the intake of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and their contents in adipose tissue of growing pigs. *Meat Science*.
- Nieto, P., Flores, J., 1985. Composición y características de los lípidos de los tejidos adiposo y muscular del cerdo. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 25, 305–315.
- Nilzén, V., Babol, J., Dutta, P.C., Lundeheim, N., Enfält, A.C., Lundström, K., 2001. Free range rearing of pigs with access to pasture grazing - effect on fatty acid composition and lipid oxidation products. *Meat Science* 58, 267–275.
- NP-1612, 2006. Carnes e produtos cárneos. Determinação do teor de azoto total. Método de referência. Instituto Português da Qualidade.
- NP-1614, 2002. Carnes e produtos cárneos. Determinação do teor de humidade. Método de referência. Instituto Português da Qualidade.
- NP-2931, 2006. Carnes e produtos cárneos. Suínos abatidos para consumo directo. Corte da meia carcaça. Instituto Português da Qualidade.
- NP-3441, 2008. Carnes e produtos cárneos. Determinação do pH. Método de referência. Instituto Português da Qualidade.
- Nunes, J.L.T., 2002. O porco Alentejano. *Revista da Feira de Garvão* 11.
- Nunes, J.L.T., 1993. Contributo para a Reintegração do Porco Alentejano no Montado. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.
- Ordóñez, J.A., Cambero, M.I., Fernández, L., García, M.L., Fernando, G.G., Hoz, L. de la, Selgas, M.D., 1998. *Tecnología de los Alimentos; Volumen II; Alimentos de origen animal*. Editorial Síntesis, Madrid.
- Osório, E., Bodes, F., Almeida, M., 1985. Influencia de la alimentación del cerdo Ibérico sobre el contenido en ácidos grasos de su tejido adiposo, II. Efecto de la suplementación proteica con harina de soja y montanera. *An. INIA. Serie. Ganadera* 22, 113–130.
- Palma, L., Rosário, L., Onofre, N., 1986. Sugestões para a conservação económica da fauna silvestre dos montados, in: 1^o Encontro Sobre Montado de Sobro E Azinho. Universidade de Évora, pp. 233–249.
- Petersen, J.S., Henckel, P., Maribo, H., Oksbjerg, N., Sørensen, M.T., 1997. Muscle metabolic traits, post mortem-pH-decline and meat quality in pigs subjected to regular physical training and spontaneous activity. *Meat science* 46, 259–75.
- Petersen, J.S., Oksbjerg, N., Jørgensen, B., Sørensen, M.T., 1998. Growth performance, carcass composition and leg weakness in pigs exposed to different levels of physical activity. *Animal Science* 66, 725–732.
- Petridou, A., Nikolaidis, M.G., Matsakas, A., Schulz, T., Michna, H., Mougios, V., 2005.

- Effect of exercise training on the fatty acid composition of lipid classes in rat liver, skeletal muscle, and adipose tissue. *European Journal of Applied Physiology* 94, 84–92.
- Pimentel, M.B., 1977. Classificação de carcaças de suínos., in: *Colóquio Agropecuário: FILAGRO 77*. Lisboa, pp. 129–135.
- Pires da Costa, J.S., 1990. Evolução da produção animal - Progressos na eficiência produtiva, in: *1º Congresso Nacional Da Pecuária*. Confederação dos Agricultores de Portugal, Lisboa, pp. 73–90.
- Pugliese, C., Sirtori, F., 2012. Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Science* 90, 511–518.
- Reis, J., 1995. *Acerca do Porco*. Federação Portuguesa de Associação de Suinicultores.
- Reis, J., 1992. Raças de suínos: Raças admitidas no Livro genealógico Português de Suínos., in: *Publicação Das XV Jornadas Médico-Veterinárias*. Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa.
- Remacle, C., Hauser, N., 1989. The aging fat cell. *Journal American Geriatrics Society* 37, 1171–1187.
- Rey, A.I., Daza, A., López-Carrasco, C., López-Bote, C.J., 2006. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *Longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science* 73, 66–74.
- Rey, A.I., Isabel, B., Cava, R., López-Bote, C.J., 1998. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science* 78, 441–443.
- Rey, A.I., Lopez-Bote, C.J., Kerry, J.P., Lynch, P.B., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., 2004. Modification of lipid composition and oxidation in porcine muscle and muscle microsomes as affected by dietary supplementation of n-3 with either n-9 or n-6 fatty acids and α -tocopheryl acetate. *Animal Feed Science and Technology* 113, 223–238.
- Ribeiro, G.P., Farinha, N., Santos, R., Neves, J., 2007. Efeito de três alimentos diferentes sobre as características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi* do porco de raça Alentejana. *Revista de Ciências Agrárias* 30, 375–384.
- Robins, S.P., Shimokomaki, M., Bailey, a J., 1973. The chemistry of the collagen cross-links. Age-related changes in the reducible components of intact bovine collagen fibres. *The Biochemical Journal* 131, 771–780.
- Roça, R.O., 2000. *Composição química da carne; Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal; F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu*.
- Rodríguez, C., Rodrigañez, J., Silió, L., 1994. Genetic analysis of maternal ability in Iberian pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 111, 220–227.
- Rodríguez-Estévez, V., García, A., Peña, F., Gómez, A.G., 2009. Foraging of Iberian fattening pigs grazing natural pasture in the dehesa. *Livestock Science* 120, 135–143.
- Rodríguez-Estévez, V., Garcia Martínez, A., Mata Moreno, C., Perea Muñoz, J.M., Gómez Castro, A.G., 2008. Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los quercus de la dehesa. *Archivos De Zootecnia* 57, 1–12.
- Rosenvold, K., Andersen, H.J., 2003. Factors of significance, for pork quality - a review. *Meat Science* 64, 219–237.
- Rossi, C.A.R., Lovatto, P.A., Lenhen, C.R., Andretta, I., Ceron, M.S., Lovato, G.D., 2010.

- Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo Longissimus dorsi. *Ars veterinaria* 26, 95–103.
- Sánchez, D.M., 2002. Establecimiento de las características fisicoquímicas determinantes de la calidad en carne de cerdo Ibérico destinada al consumo en fresco: Cerdo de Primor; Universidad de Extremadura; Cáceres.
- Santoro, P., 1988. Methods of meat quality evaluation, in: *Proceedings of the Meeting Pig Carcass and Meat Quality*. Università di Bologna; Italy, Reggio Emilia, pp. 127–139.
- Santos, R., Ribeiro, M. da G., Farinha, N., Barradas, A.N.A., Neves, J.A., Bento, P., 2005. Estudo da influência de diferentes alimentos sobre características quantitativas e qualitativas da gordura em porcos de raça Alentejana. *Revista de Ciências Agrárias* 81, 16–28.
- Sather, A.P., Jones, S.D.M., Schaefer, A.L., Colyn, J., Robertson, W.M., 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 77, 225–232.
- Schiaffino, S., Reggiani, C., 1996. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews* 76, 371–423.
- Schmidt, M.K., Veum, T.L., Clark, J.L., Krause, G.F., 1973. Chemical composition of crossbred swine from birth to 136 Kg with two planes of nutrition from 53 to 136 Kilograms. *Journal of Animal Science* 37, 683–687.
- Serra, X., Gil, F., Pérez-Encino, M., Oliver, M.A., Vázquez, J.M., Gispert, M., Díaz, I., Moreno, F., Latorre, R., Noguera, J.L., Pérez-Enciso, M., Oliver, M.A., Vázquez, J.M., Gispert, M., Díaz, I., Moreno, F., Latorre, R., Noguera, J.L., 1998. A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science* 56, 215–223.
- Serrana, M.P., 2008. Estudio de los factores que influyen sobre la productividad y la calidad de la canal y la carne de cerdo Ibérico en intensivo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52, 591–611.
- Shikama, K., 1990. Autoxidation of oxymyoglobin. A meeting point of the stabilization and the activation of molecular oxygen. *Biological Reviews* 65, 517–527.
- Soares da Costa, M., 1984. Os países mediterrânicos na CEE alargada e a evolução da estrutura da sua pecuária: Perspectivas para a produção animal intensiva, em especial para a produção bovina e avícola. *Suicultura* 13, 6–19.
- Suman, S.P., Joseph, P., 2013. Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Review of Food Science and Technology* 4, 79–99.
- Szabó, A., Romvári, R., Fébel, H., Bogner, P., Szendrő, Z., 2002. Training-induced alterations of the fatty acid profile of rabbit muscles. *Acta Veterinaria Hungarica* 50, 357–364.
- Tavares, A.L.M., 1983. O mercado do porco. *Suicultura* 10, 9–15.
- Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet* 338, 985–992.
- Vacas, M.N., 1944. Aspectos Antropogeográficos do Alentejo. *Suplementos de BIBLIOS* 3, 53–56.
- Václavková, E., Bečková, R., 2008. Housing systems and pig performance - Review.

- Research in Pig Breeding 2, 35–39.
- Ventanas, S., Tejada, J.F., Estévez, M., 2008. Chemical composition and oxidative status of tissues from Iberian pigs as affected by diets: extensive feeding v. oleic acid- and tocopherol-enriched mixed diets. *Animal* 2, 621–630.
- Votruba, S.B., Atkinson, R.L., Schoeller, D.A., 2005. Sustained increase in dietary oleic acid oxidation following morning exercise. *International Journal of Obesity* 29, 100–107.
- Warriss, P.D., 2000. *Meat Science: an introductory text*. CAB Publishing, New York.
- Warriss, P.D., Brown, S.N., 1993. Relationships between the subjective assessment of pork quality and objective measures of colour. *Safety and Quality of Food from Animals* 68–71.
- Warriss, P.D., Kestin, S.C., Robinson, J.M., 1983. A note on the influence of rearing environment on meat quality in pigs. *Meat Science* 9, 271–279.
- Williams, C.M., 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie* 49, 165–180.
- 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.
- Wood, J., 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals, in: Wiseman, J. (Ed.), *Fats in Animal Nutrition*. Butterworths, London, pp. 407–435.
- Wood, J.D., Enser, M., 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *The British Journal of Nutrition* 78, S49–S60.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science* 78, 343–358.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M., 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66, 21–32.
- Wood, J.D., Wiseman, J., Cole, D.J.A., 1994. Control and manipulation of meat quality, in: Wood, J.D., Wiseman, J., Cole, D.J.A. (Eds.), *Principles of Pig Science*. Nottingham: U. Press., Sutton Bonington, pp. 433–456.
- Zhao, S.M., Ren, L.J., Chen, L., Zhang, X., Cheng, M.L., Li, W.Z., Zhang, Y.Y., Gao, S.Z., 2009. Differential expression of lipid metabolism related genes in porcine muscle tissue leading to different intramuscular fat deposition. *Lipids* 44, 1029–1037.
- Zimmerman, S.D., McCormick, R.J., Vadlamudi, R.K., Thomas, D.P., 1993. Age and training alter collagen characteristics in fast- and slow-twitch rat limb muscle. *Journal of Applied Physiology* 75, 1670–1674.