

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 05/06/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DO *RIGOR MORTIS* E QUALIDADE DA
CARNE DE COELHOS BOTUCATU EM FUNÇÃO DO TEMPO
DE REFRIGERAÇÃO DAS CARCAÇAS**

Daniel Rodrigues Dutra

Zootecnista

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DO *RIGOR MORTIS* E QUALIDADE DA
CARNE DE COELHOS BOTUCATU EM FUNÇÃO DO TEMPO
DE REFRIGERAÇÃO DAS CARCAÇAS**

Daniel Rodrigues Dutra

Orientadora: Profa. Dra. Hirasilva Borba

Coorientadores: Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha

Dr. Fábio Borba Ferrari

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

D978c Dutra, Daniel Rodrigues
 Caracterização do rigor mortis e qualidade da carne de coelhos
 Botucatu em função do tempo de refrigeração das carcaças / Daniel
 Rodrigues Dutra. -- Jaboticabal, 2023
 157 p. : tabs.

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

 Orientadora: Hirasilva Borba
 Coorientador: Leandro Dalcin Castilha
 Coorientador: Fábio Borba Ferrari

 1. Carne de coelho. 2. Alimentos de Origem Animal. 3. Carcaças. 4.
 Alimentos Composição. 5. Carne congelada. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



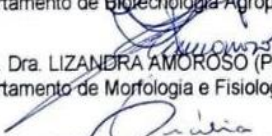
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

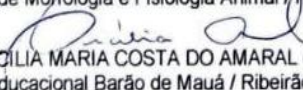
TÍTULO DA TESE: CARACTERIZAÇÃO DO *rigor mortis* E QUALIDADE DA CARNE DE COELHOS
BOTUCATU EM FUNÇÃO DO TEMPO DE REFRIGERAÇÃO DAS CARÇAÇAS

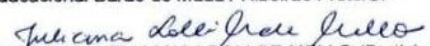
AUTOR: DANIEL RODRIGUES DUTRA
ORIENTADORA: HIRASILVA BORBA
COORIENTADOR: FÁBIO BORBA FERRARI
COORIENTADOR: LEANDRO DALCIN CASTILHA

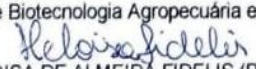
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia, pela Comissão
Examinadora:


Profa. Dra. HIRASILVA BORBA (Participação Presencial)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / FCAV UNESP Jaboticabal


Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO (Participação Presencial)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV UNESP Jaboticabal


Profa. Dra. CECÍLIA MARIA COSTA DO AMARAL (Participação Presencial)
Organização Educacional Barão de Mauá / Ribeirão Preto/SP


Pós-doutoranda JULIANA LOLI MALAGOLI DE MELLO (Participação Presencial)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / FCAV UNESP Jaboticabal


Profa. Dra. HELOISA DE ALMEIDA FIDELIS (Participação Presencial)
Autônoma / Ribeirão Preto/SP

Jaboticabal, 05 de junho de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Daniel Rodrigues Dutra, filho de Lair Tadeu Dutra e Rita Maria Rodrigues da Silva, nasceu em 09 de junho de 1984, na cidade de Juiz de Fora, MG. Em 2003, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde deu início aos seus estudos na área de Produção de Monogástricos, com foco em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Graduiu-se em 2008, recebendo o título de Zootecnista pela referida Instituição. Após um período de oito meses como trainee na The Ohio State University (2008), na área de Produção de Suínos, ingressou no Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em 2009. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), recebendo, em 2011, o título de Mestre em Ciências Veterinárias, com ênfase em Produção de Monogástricos. Em 2012, iniciou seu Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), onde participou de projetos na área de Bem-estar Animal, Manejo Pré-abate e Qualidade dos Alimentos. Após uma pausa no Doutorado, deu sequência a sua carreira profissional como Analista de Laboratório e Especialista em Biotecnologia Animal nos EUA e no Canadá, onde residiu por quatro anos. Em 2019, retornou ao Brasil e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da FCAV/UNESP, como bolsista do Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq), desenvolvendo pesquisas na área de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal e Bem-estar Animal, onde assumiu por três semestres a disciplina de Cunicultura. Em 2022, tornou-se membro da presidência da Associação Científica Brasileira de Cunicultura (ACBC). Por fim, em julho de 2023, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

“Pain has a way of clipping our wings and keeping us from being able to fly, and if left unresolved you can almost forget that you were ever created to fly in the first place.”

— William Paul Young, *The Shack*

“Sucesso não é o final.
O fracasso não é fatal.
Mas a coragem de continuar,
isso é o que conta.”

— Winston Churchill

DEDICO

À Deus, em primeiro lugar, por ser fazer tão real e presente em minha vida. Por sempre direcionar os meus passos e permitir que eu realizasse mais um dos meus maiores sonhos.

À minha mãe, Rita, que dedicou a sua vida à minha formação pessoal, acadêmica e profissional. Você é meu exemplo, minha força e peça fundamental nessa conquista.

Ao meu companheiro de vida, Taison, pelo seu incentivo, apoio incondicional e resiliência ao longo dessa jornada. Aquele que soma, fortalece, ensina e me faz evoluir a cada dia.

Ao meu pai, Tadeu, meu irmão, Davi, e todos os meus familiares, que são meu alicerce e as verdadeiras testemunhas de todo o amor que sempre dediquei aos amigos coelhos.

E, em especial, ao meu tio, Edimar (in memoriam), que com sua precoce partida nos permitiu ressignificar tanto em tão pouco tempo.

Amo vocês com todo o meu coração!!!



AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, pela dupla oportunidade concedida para realização do Doutorado.

A todos os profissionais do Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Doutorado, mas, sobretudo, por resistirem e persistirem acreditando que não há avanço e desenvolvimento em nosso país sem Ciência e Tecnologia. Em nome de toda a comunidade científica eu agradeço.

À minha orientadora e amiga, Profa. Hirasilva Borba. Obrigado pela confiança na condução deste e de tantos outros projetos, os quais me ajudaram a consolidar minha trajetória acadêmica e profissional, fazendo-me lembrar que todo sonho é capaz de se tornar realidade quando há dedicação, empenho e perseverança. Me faltam palavras para expressar o quanto lhe sou grato e o quanto aprendi durante esses quatro anos no LaOra. Posso dizer que ali somos muito mais do que membros da mesma equipe, somos família.

Ao meu amigo e parceiro de trabalho, Erick Villegas Cayllahua, que conseguiu, com brilhantismo, alcançar a essência das nossas ideias e colocá-las em prática. Definitivamente, sua colaboração, suporte e amizade foram fundamentais para o desenvolvimento desta e tantas outras pesquisas que realizamos com nossos amigos orelhudos.

À minha amiga e duplamente colega de profissão, Juliana Lolli, por todo o conhecimento transmitido, orientações e pelo seu profissionalismo admirável que fizeram com que minha adaptação no laboratório fosse muito mais rápida do que eu imaginara. Foi tudo uma questão de logística.

A todos os membros atuais e aqueles que já passaram pelo LaOra: Fábio, Érika, Helô, Ana Verônica, Mateus, Roko, Boizinho, Aline, Amanda, Andresa, Gabi, Fran, Mainara, Prof. Pedro, Nívea, Romário, Giovanna, Lucas, Thamiris, Samara, Rebecca, Isa e todos os demais estagiários que estiveram envolvidos, o meu muito obrigado pela dedicação e companheirismo nesses anos de trabalho. A participação de cada um de vocês foi extremamente importante para que realizássemos um trabalho de qualidade.

Ao Professor Leandro Dalcin Castilha e toda a sua equipe, estudantes e profissionais da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá, pelo envolvimento, comprometimento e profissionalismo na execução da primeira etapa deste projeto e nos consecutivos estudos desenvolvidos. Em especial, por sua orientação bem presente e suas palavras de otimismo, desde os nossos primeiros contatos até os dias atuais.

Às funcionárias e amigas do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental que levo pra vida, Andreia e Maria Clara, que sempre nos apoiaram com tamanho carinho e proatividade. Vocês são incríveis.

Ao frigorífico Coelho Real, aqui representado pelo Dr. Marcos Kac, que desde a idealização deste projeto sempre contribuiu de forma ímpar para a sua execução.

Aos pesquisadores Filipe Dalla Costa, Osmar Dalla Costa e Troy Gibson pela parceria e colaboração direta na execução da primeira parte deste projeto, aqui não apresentada, mas que certamente contribuirá para o avanço da cunicultura brasileira em outras oportunidades.

Aos amigos que fiz no Texas, os quais sempre torceram por mim no meu regresso ao Brasil, especialmente, Juliana e Tatiane, amigas-irmãs que a vida me presenteou para o resto dos meus dias, e que, mesmo distante, acompanharam minha trajetória acadêmica e torceram para o desfecho exitoso deste doutoramento.

E por fim, mas não menos importante, Isabel e Talita Penariol por terem permanecido ao meu lado nessa jornada incrível, juntamente com nosso caçulinha Nutella, sobretudo nos longos meses de reclusão e incertezas que nos acercavam em meio à pandemia da COVID-19. Juntos nos fortalecemos, aprendemos e sobrevivemos.

A todos vocês, minha mais sincera gratidão.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



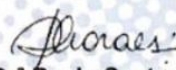
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Caracterização da evolução do pH durante o processo de rigor mortis e a influência do tempo de resfriamento das carcaças sobre a qualidade da carne de coelhos Botucatu"**, protocolo nº 1924/22, sob a responsabilidade da Profª Drª Hirasilva Borba, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 18 de maio de 2022.

Vigência do Projeto	01/07/2022 a 31/12/2024
Espécie / Linhagem	Coelhos domésticos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) Linhagem Botucatu
Nº de animais	280
Peso / Idade	3,0 kg / 90 dias
Sexo	Macho e fêmea
Origem	Setor de Cunicultura da FCAV/UNESP

Jaboticabal, 18 de maio de 2022.


Profª Drª Paola Castro Moraes
Vice-Coordenadora – CEUA

CARACTERIZAÇÃO DO *RIGOR MORTIS* E QUALIDADE DA CARNE DE COELHOS BOTUCATU EM FUNÇÃO DO TEMPO DE REFRIGERAÇÃO DAS CARCAÇAS

RESUMO – A indústria cunícula brasileira tem vivenciado recentes transformações em seus processos produtivos, assim como a implementação de novas raças e linhagens de aptidão cárnea aos plantéis nacionais. No entanto, muitos dos abatedouros de coelhos têm congelado as carcaças ainda quentes sem que sejam conhecidas as implicações deste procedimento sobre a qualidade do produto final. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivos determinar a evolução do pH muscular e caracterizar o processo de *rigor mortis* em coelhos do grupo genético Botucatu durante as primeiras 24h *post-mortem*, avaliar a influência do tempo de resfriamento das carcaças sobre as propriedades físico-químicas de seus principais cortes e registrar as possíveis alterações na qualidade dessa carne ao longo do congelamento prolongado. Para tanto, foi elaborado um levantamento bibliográfico e mais três ensaios experimentais distribuídos em um total de quatro capítulos. No Capítulo 1, são apresentadas as considerações gerais sobre a temática abordada, expressas na forma de uma revisão de literatura narrativa. No Capítulo 2, é apresentado o ensaio I, onde foram avaliados os efeitos do sexo, idade e músculos sobre a evolução do pH nas primeiras 24h *post-mortem* e o tempo necessário ao estabelecimento e resolução do *rigor mortis*. Já no Capítulo 3, é apresentado o ensaio II, onde foi avaliada a influência de oito diferentes tempos de resfriamento das carcaças sobre as propriedades físico-químicas dos músculos *longissimus thoracis et lumborum* e *biceps femoris* de coelhos machos e fêmeas. Por fim, no Capítulo 4, é apresentado o ensaio III, onde foi avaliado o efeito do congelamento das carcaças nas fases pré e pós rigor sobre a qualidade da carne durante 12 meses de armazenamento. Coelhos Botucatu em fase reprodutiva são mais pesados que aqueles mais jovens abatidos aos 90 dias de idade, refletindo em maior peso e rendimento de carcaça, , assim como idade, sexo e tipo de músculo influenciam a taxa de acidificação muscular *post-mortem*. A combinação desses fatores determina o estabelecimento do rigor às 5h *post-mortem* em coelhos jovens e reprodutores e às 6h *post-mortem* em matrizes, concomitantemente à estabilização do pH muscular, resultando em sua resolução às 18h *post-mortem*. A carne *in natura* no pré-rigor é menos avermelhada e possui maior maciez e teor de umidade do que no pós-rigor. No entanto, ao serem congeladas no pré-rigor, desenvolvem rigor de descongelamento, conferindo maior dureza à carne. Já o armazenamento prolongado das carnes congeladas em ambos os estágios do rigor promove seu amaciamento, com preservação de sua qualidade física, química e nutricional por até 12 meses, porém, com sutis alterações de cor, maior acidez e perdas em umidade e minerais. Portanto, recomenda-se, que as carcaças sejam resfriadas por 18h ininterruptas a 4°C, para que a transformação dos músculos em carne ocorra eficientemente, conferindo menores perdas de peso, maiores rendimentos de carcaça, brilho e maciez à carne de coelhos Botucatu.

Palavras-chave: armazenamento, ciência da carne, cunicultura, maciez, qualidade dos alimentos, tecnologia dos produtos de origem animal

CHARACTERIZATION OF *RIGOR MORTIS* AND MEAT QUALITY OF BOTUCATU RABBITS DUE TO THE CARCASSES REFRIGERATION TIME

ABSTRACT – Brazilian rabbit meat industry has experienced recent transformations in its production processes, as well as the implementation of new breeds and genetic lines with meat aptitude into national plants. However, many of the rabbit slaughterhouses have been freezing hot carcasses without knowing such implications to the quality of the final product. Given this scenario, the objectives of this study were to determine the evolution of muscle pH and the *rigor mortis* process in Botucatu genetic group rabbits during the first 24h *post-mortem*, in order to evaluate the influence of carcass chilling time on the physicochemical properties of the main cuts and characterize the possible changes in meat quality along the long-term freezing. To this end, a bibliographic review was conducted as theoretical foundation applied to the study itself and three experimental assays were performed, distributed in a total of four chapters. In Chapter 1, general considerations are presented in a narrative literature review about the addressed theme. In Chapter 2, assay I is presented, where the effects of sex, age and muscles on the evolution of pH were evaluated in the first 24hours *post-mortem* and the time necessary for the establishment and resolution of *rigor mortis* according to the animal category. In Chapter 3, assay II is presented, where the influence of eight different times of carcass air chilling on the physicochemical properties of the *longissimus thoracis et lumborum* and *biceps femoris* of male and female rabbits. In Chapter 4, assay III is presented, where the effect of pre- and post-rigor freezing on meat quality was evaluated throughout 12 months of long-term storage. Botucatu rabbits in reproductive phase are heavier than the younger ones commonly slaughtered at 90 d of age, which ends up reflecting in higher weight and carcass yield. As well as age, gender and type of muscle directly influence the process of *post-mortem* muscle acidification. The combination of these factors determines the *rigor mortis* completion at 5h *post-mortem* in young and sire rabbits and at 6h *post-mortem* in does, concomitantly with the stabilization of muscle pH, resulting in its resolution at 18h *post-mortem*. Fresh pre-rigor meat is less reddish, with more tenderness and moisture content than post-rigor meat. However, when pre-rigor meat is frozen, thawing rigor is developed, giving a higher degree of hardness to the meat. Full-term storage of meat frozen in both rigor phases promotes its tenderness, preserving its physical, chemical and nutritional quality up to 12 mo, perhaps, with subtle changes in color, greater acidity and loss of moisture and minerals. Thus, is recommended that carcasses would be chilled for uninterrupted 18h at 4°C, so that the transformation of muscles into meat will occur efficiently, providing less weight losses, higher carcass yield and greater tenderness and brightness to the Botucatu rabbit meat

Keywords: storage, meat science, cuniculture, tenderness, food quality, technology of animal products

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Revisão de literatura: Indústria cunícula no Brasil - Situação atual, desenvolvimento e compreensão dos processos da cadeia do frio sobre a qualidade da carne¹

Sumário: A busca crescente por carnes brancas, magras e nutritivas tem suscitado transformações relevantes nos padrões de consumo alimentar da população em geral, criando novas oportunidades para as carnes não convencionais em todo o mundo. Para atender a essa nova demanda de mercado, o investimento na produção de carne de coelho aumentou significativamente. A carne de coelho é altamente digestível, rica em minerais e proteínas de alto valor biológico, com baixos níveis de colesterol e sódio e teor relativo de ácidos graxos poli-insaturados. Com ótimo desempenho zootécnico, características de carcaça e viabilidade econômica, os coelhos são abatidos aos 75-90 dias de idade e comercializados congelados em carcaças inteiras ou em cortes. No entanto, para produzir carne com alta qualidade e eficiência, a indústria da carne de coelho no Brasil tem buscado contínua melhoria de seus processos. Dessa forma, esta revisão tem como objetivo descrever a situação atual do Brasil no mercado global da carne de coelho, os benefícios de seu consumo e os desafios enfrentados pela indústria nos primeiros estágios *post-mortem*, elencando os pontos críticos na cadeia do frio que podem comprometer a qualidade final da carne cunícula, além de estimular novos estudos sobre o tema apresentado.

Resumo: A produção da carne de coelho está tradicionalmente relacionada aos países asiáticos e europeus. No entanto, é de extrema importância que se conheça o papel crescente dos demais atores no cenário mundial da cunicultura de corte, bem como a logística de seus processos produtivos, seus índices de produção e os principais entraves enfrentados pelo setor, de forma a transpor as barreiras

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido à revista *Animals* e encontra-se em avaliação para publicação.

internacionais e a ampliar as fronteiras do conhecimento. Nesse contexto, o Brasil se destaca como o quarto maior produtor de carne de coelho das Américas, produzindo aproximadamente 1.200 toneladas de carne por ano, com estoque de 177.000 cabeças de coelho. A cadeia do frio cunícula compreende duas operações básicas de refrigeração destinadas a reduzir a temperatura da carcaça: resfriamento e congelamento. Visando a redução dos custos nas primeiras 24h *post-mortem*, grande parte dos frigoríficos brasileiros tem optado somente pelo processo de congelamento, o que pode acarretar em impactos negativos sobre a qualidade da carne devido ao encolhimento do sarcômero causado pelo encurtamento pelo frio e/ou pelo rigor de descongelamento. Daí a necessidade de novos estudos que busquem avaliar as alterações na qualidade físico-química da carne de coelho resfriada e congelada, tendo em vista os efeitos deletérios observados na maciez, cor e rancidez do produto final, principalmente em função do grande número de carcaças congeladas em estágio pré-rigor comercializadas pela indústria.

Palavras-chave: ciência da carne; cunicultura; parâmetros tecnológicos; pH; produção de coelhos; produtos de origem animal; refrigeração; *rigor mortis*; sarcômero

Introdução

O principal foco da cunicultura mundial nos últimos anos tem sido a criação de coelhos de médio e grande porte voltados à produção de carne (Tůmová et al., 2014; Daszkiewicz et al., 2020). Dentre a grande variedade de raças de coelhos existentes, os cunicultores de corte têm optado pela utilização de raças de médio porte para melhorar geneticamente os planteis, devido à sua alta prolificidade e precocidade, e pelas raças de grande porte voltadas à manutenção das características desejáveis de carcaça. Essa estratégia tem facilitado o manejo das matrizes e reduzido o custo de manutenção, permitindo a produção de coelhos de engorda com alta taxa de crescimento (Blasco et al., 2018).

Com rendimento de carcaça em torno de 52,7% a 60%, os coelhos de corte são geralmente abatidos aos 70 - 90 dias de idade, quando chegam a atingir 2,0 a

3,0 kg de peso vivo (Negretti et al., 2007; Romero et al., 2010; Machado & Ferreira, 2014). Além disso, os coelhos necessitam de pouca mão-de-obra e possuem características interessantes do ponto de vista zootécnico, como maturidade sexual precoce para ambos os sexos (Khadr et al., 2015; Martínez-Paredes et al., 2022), período gestacional de aproximadamente 30 dias (Wilson & Dudley, 1952), alta prolificidade (Casares-Crespo et al., 2018; Cifre et al., 1998), reduzido intervalo entre partos (Ghoneim et al., 2022; Partridge et al., 1984), desmame precoce (Pascual, 2001), rápido desenvolvimento e ganho de peso (Ebeid et al., 2022; Kvartnikova & Shastina, 2022) e excelente conversão alimentar (Knudsen et al., 2014), fazendo com que o avanço da cunicultura de corte seja bastante promissor em nações em pleno desenvolvimento, como o Brasil, que figura entre os maiores produtores da carne de coelho no continente americano (FAOSTAT, 2020).

No entanto, para que a carne de coelho possa competir com culturas tradicionalmente estabelecidas no mercado de carnes, é necessária atenção a todos os elos de sua cadeia produtiva, sobretudo àqueles relacionados às etapas de refrigeração da carne nas primeiras 24 horas *post-mortem*. A cadeia do frio deve propiciar um ambiente seguro em todos os processos de produção envolvidos, como resfriamento, processamento, congelamento, embalagem e transporte dos produtos cárneos, com temperatura e umidade controladas, de forma a inibir o crescimento de microorganismos patogênicos, atividades enzimáticas, deterioração dos alimentos e, conseqüentemente, a incidência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's) (Ren et al., 2022). Os fenômenos bioquímicos e estruturais que ocorrem durante este período são responsáveis pelo processo de conversão do músculo em carne e também impactam diversos parâmetros tecnológicos da carne, com conseqüências diretas sobre sua qualidade (Hulot & Ouhayoun, 1999; Yan et al., 2022); especialmente nos frigoríficos cunículas brasileiros que se encontram em recente adaptação de seus processos.

Sendo assim, esta revisão tem como objetivo descrever o perfil de produção e consumo da carne de coelho no Brasil em relação ao mercado cunícula internacional, além de apresentar os principais benefícios de seu consumo e atuais desafios enfrentados durante o processo de refrigeração das carcaças nos primeiros estágios *post-mortem* com foco na qualidade da carne.

Conclusões

A carne *in natura* de coelhos Botucatu em estágio pré-rigor é mais macia, mais úmida e menos avermelhada do que aquela que completa o processo de *rigor mortis* durante 24h de resfriamento. Em contrapartida, o armazenamento sob congelamento a -20°C promove o amaciamento dessa carne, assim como quando congelada na fase pós-rigor, com preservação de sua qualidade física, química e

nutricional por até 12 meses de congelamento, mas com sutis alterações de cor, maior acidez e perdas em umidade e minerais.

Referências

- Alonso, V., Muela, E., Tenas, J., Calanche, J. B., Roncalés, P., & Beltrán, J. A. (2016). Changes in physicochemical properties and fatty acid composition of pork following long-term frozen storage. *European Food Research and Technology*, 242(12), 2119–2127. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2708-y>
- Añón, M. C., & Calvelo, A. (1980). Freezing rate effects on the drip loss frozen beef. *Meat Sci*, 4, 90018–90020. <https://doi.org/10.1016/0309-1740>
- Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18. (2011). AOAC, 18.
- Ballin, N. Z., & Lametsch, R. (2008). Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat - A review. *Meat Science*, 80(2), 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.024>
- Bate-Smith, E. C., & Bendall, J. R. (1949). Factors determining the time course of *rigor mortis*. *The Journal of Physiology*, 110(1–2), 47–65. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1949.sp004420>
- Ben Abdallah, M., Marchello, J. A., & Ahmad, H. A. (1999). Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4093–4099. <https://doi.org/10.1021/jf9809434>
- Bendall, J. R. (1951). The shortening of rabbit muscles during *rigor mortis*: Its relation to the breakdown of adenosine triphosphate and creatine phosphate and to muscular contraction. *J. Physiol*, 114.
- Bianospino, E., Wechsler, F. S., Fernandes, S., Roça, R. D. O., & Moura, A. S. A. M. T. (2006). Growth, carcass and meat quality traits of straightbred and crossbred Botucatu rabbits. *World Rabbit Science*, 237-246.
- Bernthal, P. H., Booren, A. M., & Gray, J. I. (1989). Effect of sodium chloride concentration on pH, water-holding capacity and extractable protein of pre-rigor and post-rigor ground beef. *Meat Science*, 25(2), 143–154.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911–917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Brasil. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. (2017). *Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro*

de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, 3.

- Brasil. Decreto n. 10.469, de 18 de agosto de 2020. (2020). *Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. Diário Oficial da União. Atos do Poder Executivo. Brasília, ed. 159, 5.
- Busch, W. A., Jr., F. C. P., & Goll, D. E. (1967). Molecular properties of *post-mortem* muscle. 4. Effect of temperature on adenosine triphosphate degradation, isometric tension parameters, and shear resistance of bovine muscle. *Journal of Food Science*, 32(4), 390–394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1967.tb09692.x>
- Cabanes, A., Ouhayoun, J., & Gilbert, S. (1996). Congélation de La Viande de Lapin: Influence de La Durée de Conservation Sur Les 1011 Propriétés Physico-Chimiques et Sensorielles (3, 6, 9, 12 et 18 Mois). *Viandes et Produits Carnés (Aubière)*, 17, 166–171.
- Carrillo-Lopez, L. M., Robledo, D., Martínez, V., Huerta-Jimenez, M., Titulaer, M., Alarcon-Rojo, A. D., Chavez-Martinez, A., Luna-Rodriguez, L., & Garcia-Flores, L. R. (2021). *Post-mortem* ultrasound and freezing of rabbit meat: Effects on the physicochemical quality and weight loss. *Ultrasonics Sonochemistry*, 79(105766), 105766. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105766>
- Cavani, C., & Petracci, M. (2004). Rabbit meat processing and traceability. In *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress* (pp. 1318–1336).
- Cheng, Q., & Sun, D.-W. (2008). Factors affecting the water holding capacity of red meat products: a review of recent research advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 137–159. <https://doi.org/10.1080/10408390601177647>
- Choe, J.-H., Jang, A., Lee, E.-S., Choi, J.-H., Choi, Y.-S., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Shim, S.-Y., & Kim, C.-J. (2011). Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage. *Meat Science*, 87(1), 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.08.011>
- Chwastowska-Siwiecka, J., Kondratowicz, J., Gugolek, A., & Matusevicius, P. (2013). Changes in the Physicochemical Properties of Deep-Frozen Rabbit Meat as Dependent on Thawing Method, *Vet. Vet. Zootech-Lith*, 62, 68–72.

- CIE. Commission Internationale de L'eclairage. (1976) *Colorimetry - Part 4: L*a*b* Colour Space*. Vienna, Austria, 1976.
- Claus, J. R., & Sørheim, O. (2006). Preserving pre-rigor meat functionality for beef patty production. *Meat Science*, 73(2), 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.12.004>
- Claussen, C. M., McElroy, B. R., Wilson, B. T., Boetel, D. J., Chu, H. Y., & Hollenbeck, J. J. (2017). U.S. Patent No. 9,687,013. Washington, DC: U.S. (Patent and Trademark Office).
- Council Regulation (EC). No 1099/2009. *Council Regulation on the protection of animals at the time of killing*.
- Cross, H. R., West, R. L., & Dutson, T. R. (1981). Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, 5(4), 261–266. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(81\)90016-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(81)90016-4)
- Culler, R. D., Jr, F. C. P., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177–1180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x>
- Dal Bosco, A., Castellini, C., & Mugnai, C. (2002). Rearing rabbits on a wire net floor or straw litter: behaviour, growth and meat qualitative traits. *Livest. Prod. Sci*, 75, 149–156. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00307-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00307-4)
- Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75(1), 11–32. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(01)00308-6)
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Alberghini, L., Catellani, P., & Paci, G. (2016). Proximate composition, fatty acid profile, and heme iron and cholesterol content of rabbit meat as affected by sire breed, season, parity order, and gender in an organic production system. *Czech Journal of Animal Science*, 61(9), 383–390. <https://doi.org/10.17221/24/2016-cjas>
- Dalle Zotte, A., & Ouhayoun, J. (1998). Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat Science*, 50(4), 471–478. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(98\)00060-6](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(98)00060-6)
- Dalle Zotte, A., Rizzi, C., & Chiericato, G. M. (1998). Un trop long stockage dégrade les caractéristiques qualitatives. *Viandes et Produits Carnés*, 19, 147–150.
- Dalle Zotte, A., & Szendro, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88(3), 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>

- Davey, C. L., & Gilbert, K. V. (1976). Thaw contracture and the disappearance of adenosinetriphosphate in frozen lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27(12), 1085–1092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740271203>
- Fadlilah, A., Rosyidi, D., & Susilo, A. (2020). Chemical quality of fresh New Zealand White Rabbit Meat in Batu, Indonesia. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 811(1), 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/811/1/012024>
- FAO. (1997). *The Rabbit - Husbandry, Health and Production*. Lebas, F. Coudert, P. De Rochambeau H. and. Thébault R.G. (edits). FAO Animal Production and Health Series No. 21 (new revised version), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Italy).
- FAO. (2020). *Faostat: FAO Statistical Databases*. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497–509. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)64849-5)
- Ganhão, R., Estévez, M., & Morcuende, D. (2011). Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chemistry*, 126(2), 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.064>
- Gariépy, C., & Delaquis, P. (1993). Hot boning of meat. *Food-Industries*, 46(1).
- Gong, S. L., Yang, Y. S., Shen, H., Wang, X. Y., Guo, H. P., & Bai, L. (2011). Meat handling practices in households of Mainland China. *Food Control*, 22(5), 749–755. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.009>
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *The Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751–766. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)57021-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)57021-6)
- Gothard, R. H., Mullins, A. M., Boulware, R. F., & Hansard, S. L. (1966). Histological studies of *post-mortem* changes in sarcomere length as related to bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 31(6), 825–828. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb03256.x>
- Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 2, 335–443.
- Hartree, E. F. (1972). Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, 48(2), 422–427. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(72\)90094-2](https://doi.org/10.1016/0003-2697(72)90094-2)

- Herring, H. K., Cassens, R. G., Suess, G. G., Brungardt, V. H., & Briskey, E. J. (2008). Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *Journal of Food Science*, 32(3), 317–323. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1967.tb01321_32_3.x
- Hernández, P., & Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. In J. De & C. Blas (Eds.), *The nutrition of the Rabbit* (pp. 163–178). CABI Publishing.
- Honikel, K. O., Roncalés, P., & Hamm, R. (1983). The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. *Meat Science*, 8(3), 221–241. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(83\)90046-3](https://doi.org/10.1016/0309-1740(83)90046-3)
- Hulot, F., & Ouhayoun, J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 7(1). <https://doi.org/10.4995/wrs.1999.378>
- Jalang'o, J. W., Saul, G. L., & Lawrie, R. A. (1987). Observations on muscle press juice from bovine, ovine and porcine muscles. *Meat Science*, 21(1), 73–76. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(87\)90043-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(87)90043-X)
- Jeong, J. Y., Kim, G., Yang, D., & Joo, H. S. (2011). Effect of freeze- thaw cycles on physicochemical properties and color stability of beef semimembranosus muscle. *Food Res. Int*, 44, 3222–3228. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.023>
- Jeong, J. Y., Yang, H. S., Park, G. B., Kang, G. H., Lee, J. I., & Joo, S. T. (2006). Effect of freeze- thaw process on myoglobin oxidation of pork loin during cold storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 26(1), 1–8.
- Jolley, P. D., Lopes, R. L. T., Dransfield, E., & Perry, G. (2007). Rabbit meat for manufacturing The effect of different post-slaughter cooling treatments. *International Journal of Food Science & Technology*, 18(4), 481–493. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00290.x>
- Jurgens, M. H. & Bregendahl, K. 2007. Animal feeding and nutrition. 10th ed., Dubuque, IA, USA: Kendall/Hunt Publishing Co.
- Kinsella, K. J., Sheridan, J. J., Rowe, T. A., Butler, F., Delgado, A., Quispe-Ramirez, A., Blair, I. S., & McDowell, D. A. (2006). Impact of a novel spray-chilling system on surface microflora, water activity and weight loss during beef carcass chilling. *Food Microbiology*, 23(5), 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.05.013>
- Koohmaraie, G. H. (2006). Contribution of *post-mortem* muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43.

- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of *post-mortem* muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43.
- Koziol, K. O. N. R. A. D., Maj, D. O. R. O. T. A., & Bieniek, J. Ó. Z. E. F. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. *Med Weter*, 71(2), 104–108.
- Lan, Y., Shang, Y., Song, Y., & Dong, Q. (2016). Changes in the quality of superchilled rabbit meat stored at different temperatures. *Meat Science*, 117, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.017>
- Laury, A., & Sebranek, J. G. (2007). Use of carbon monoxide combined with carbon dioxide for modified atmosphere packaging of pre-and postrigor fresh pork sausage to improve shelf life. *Journal of Food Protection*, 70(4), 937–942.
- Lawrie, R. A. (2007). 'Thaw-rigor' and 'cold-shortening' in rabbit muscle. *International Journal of Food Science & Technology*, 3(3), 203–205. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb01457.x>
- Lazzaroni, C., Biagini, D., & Lussiana, C. (2009). Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat Science*, 82(2), 200–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.011>
- Leygonie, C., Britz, T. J., & Hoffman, L. C. (2011). Oxidative stability of previously frozen ostrich M. iliofibularis packaged under different modified atmospheric conditions. *Int. J. Food Sci. Tech*, 46, 1171–1178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02603.x>
- Leygonie, C., Britz, T. J., & Hoffman, L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review. *Meat Science*, 91(2), 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.013>
- Lopez-Bote, C., Rey, A., Ruiz, J., Isabel, B., & Sanz Arias, R. (1997). Effect of feeding diets high in monounsaturated fatty acids and α -tocopheryl acetate to rabbits on resulting carcass fatty acid profile and lipid oxidation. *Animal Science (Penicuik, Scotland)*, 64(1), 177–186. <https://doi.org/10.1017/s1357729800015691>
- Lyon, C. E., Lyon, B. G., & Dickens, J. A. (1998). Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *The Journal of Applied Poultry Research*, 7(1), 53–60. <https://doi.org/10.1093/japr/7.1.53>
- Marsh, B. B., & Leet, N. G. (1966). Studies in meat tenderness. 111. The effects of cold shortening on tenderness. *J. Food Sci*, 31.

- Marsh, B. B., & Thompson, J. F. (1958). *Rigor mortis* and thawrigor in lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9(7), 417–424. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740090707>
- Matarneh, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L., & Gerrard, D. E. (2017). The Conversion of Muscle to Meat. In *Lawrie's Meat Science* (pp. 159–185). Elsevier.
- Medellin-Lopez, M., Sansawat, T., Strasburg, G., Marks, B. P., & Kang, I. (2014). Cold-batter mincing of hot-boned and crust-freezing air-chilled turkey breast improved meat turnover time and product quality. *Poultry Science*, 93(3), 711–718. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03531>
- Merrill, A. L., & Watt, B. K. (1955). Energy value of foods: basis and derivation. *Agricultural Research Service*, 74.
- Moore, V. J., & Young, O. A. (1991). The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packaging on the colour and display life of lamb chops. *Meat Science*, 30(2), 131–145. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(91\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90003-9)
- Moura, A., Polastre, S. A. M. T., & Wechsler, R. (2000). Dam and Litter Inbreeding and Environmental Effects on Litter Performance in Botucatu Rabbits. *World Rabbit Science*, 151–157.
- Moura, A., & Costa, S. A. M. T. (2001). Variance Componentes and Response to Selection for Reproductive, Litter and Growth Traits through a Multi-Purpose Index. *World Rabbit Science*, 77–86.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I., & Beltrán, J. A. (2010). Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84(4), 662–669. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.028>
- Oliveira, R. F. de, Mello, J. L. M. de, Ferrari, F. B., Cavalcanti, E. N. F., Souza, R. A. de, Pereira, M. R., Giampietro-Ganeco, A., Villegas-Cayllahua, E. A., Fidelis, H. de A., Fávero, M. S., Amoroso, L., Souza, P. A. de, & Borba, H. (2021). Physical, chemical and histological characterization of pectoralis major muscle of broilers affected by wooden breast myopathy. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(3), 596. <https://doi.org/10.3390/ani11030596>
- Pereira, M. R., Mello, J. L. M., Oliveira, R. F., Villegas-Cayllahua, E. A., Cavalcanti, E. N. F., Fidelis, H. A., Ferrari, F. B., Giampietro-Ganeco, A., Souza, P. A., & Borba, H. (2022). Effect of freezing on the quality of breast meat from broilers affected by White Striping myopathy. *Poultry Science*, 101(2), 101607. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101607>
- Pla, M., & Dalle Zotte, A. (2000). Harmonisation of criteria and methods used in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 8, 539–545.

- Ramanathan, R., & Mancini, R. A. (2018). Role of mitochondria in beef color: A review. *Meat and Muscle Biology*, 2(1), 309. <https://doi.org/10.22175/mmb2018.05.0013>
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. (2017). *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias*. Viçosa: Editora UFV.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Horcada, A., & Panea, B. (2011). Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance. *Meat Science*, 87(2), 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.006>
- Rodríguez-Calleja, J. M., García-López, M.-L., Santos, J. A., & Otero, A. (2005). Development of the aerobic spoilage flora of chilled rabbit meat. *Meat Science*, 70(2), 389–394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.01.009>
- Saldanha, T., Mazalli, M. R., & Bragagnolo, N. (2004). Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. *Food Science and Technology*, 24(1), 109–113. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612004000100020>
- Scherer, R., Augusti, P. R., Steffens, C., Bochi, V. C., Hecktheuer, L. H., Lazzari, R., & Emanuelli. (2005). Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice. *Journal of Food Science*, 70(5), C348–C353.
- Stromer, M. H., Goll, D. E., & Roth, L. E. (1967). Morphology of rigor-shortened bovine muscle and the effect of trypsin on preand postrigor myofibrils. *J. Cell Biol*, 34.
- Sukumaran, A. T., Holtcamp, A. J., Campbell, Y. L., Burnett, D., Schilling, M. W., & Dinh, T. T. N. (2018). Technological characteristics of pre- and post-rigor deboned beef mixtures from Holstein steers and quality attributes of cooked beef sausage. *Meat Science*, 145, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.001>
- Tavididishvili, D., Tsagareishvili, D., Khutsidze, T., Pkhakadze, M., & Kvirikashvili, L. (2019). The impact of freezing methods on functional and technological properties of semi-finished rabbit meat products. *Potravinarstvo*, 13(1), 665–674. <https://doi.org/10.5219/1142>
- Trocino, A., Xiccato, G., Queaque, P. I., & Sartori, A. (2003). Effect of transport duration and gender on rabbit carcass and meat quality. *World Rabbit Sci*, 11, 23–32.
- Turhan, S., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Yazici, F., & Genccelep, H. (2017b). Evaluation of color, lipid oxidation and microbial quality in meatballs formulated with bee pollen during frozen storage: Evaluation of quality of

meatballs with pollen. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12916. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12916>

- USDA. 2015. Usda.gov. Retrieved November 15, 2022, from <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/meat/rabbit-farm-table#:~:text=Safe%20Storage%20Times&text=It%20is%20safe%20to%20freeze,year%3B%20pieces%20within%209%20months>
- Van Beers, R., Kokawa, M., Aernouts, B., Watté, R., De Smet, S., & Saeys, W. (2018). Evolution of the bulk optical properties of bovine muscles during wet aging. *Meat Science*, 136, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.10.010>
- Vergara, H., Berruga, M. I., & Linares, M. B. (2005b). Effect of gas composition on rabbit meat quality in modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 1981–1986. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2181>
- Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 72(12), 1084–1087. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>
- Wang, H., Qin, Y., Li, J., Xu, X., & Zhou, G. (2019). Edible quality of soft - boiled chicken processing with chilled carcass was better than that of hot - fresh carcass. *Food Science & Nutrition*, 7(2), 797–804.
- Wang, Z., He, Z., Gan, X., & Li, H. (2018). Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. *Meat Science*, 146, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.006>
- Xiao, X., Hou, C., Zhang, D., Li, X., Ren, C., Ijaz, M., Hussain, Z., & Liu, D. (2020). Effect of pre- and post-rigor on texture, flavor, heterocyclic aromatic amines and sensory evaluation of roasted lamb. *Meat Science*, 169(108220), 108220. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108220>
- Yu, L. H., Lee, E. S., Jeong, J. Y., Paik, H. D., Choi, J. H., & Kim, C. J. (2005). Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Science*, 71(2), 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.020>