



IRTA^R

Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries



Generalitat
de Catalunya

Guia tècnica per a la producció de carn madurada en sec

CRÈDITS

Autores

Núria Panella-Riera, Anna Jofré, Sara Bover-Cid
Àrea d'Indústries Alimentàries, IRTA

Revisió

Agència de Salut Pública de Catalunya

Drets reservats:

©2026, IRTA



Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una
llicència de Reconeixement No Comercial-Sense
Obres Derivades 4.0 de Creative Commons

Edita

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)

1a edició

Monells, Febrer 2026.

CONTINGUT

1	DOCUMENTS DE REFERÈNCIA	1
1.1	Marc normatiu	2
1.2	Documents de referència	4
2	PRINCIPIS I PARÀMETRES CLAU.....	5
2.1	Mètodes de maduració de la carn	6
2.1.1	Etapes per establir el procés de producció de carn madurada.....	7
2.1.2	Les 3 V de la gestió de la seguretat alimentària	8
2.2	Definició de l'estratègia de maduració Mimad.....	10
2.2.1	Definició de l'objectiu organolèptic del procés de maduració.....	10
2.2.2	Diagrama de flux	10
2.2.3	M: selecció, recepció i preparació de la matèria primera	10
2.2.4	i: instal·lacions	16
2.2.5	m: mètode de maduració	18
2.2.6	a: condicions ambientals	18
2.2.7	t: temps de maduració	21
2.3	Evolució de les característiques sensorials durant la maduració	22
2.4	Finalització del procés de maduració: polit de les peces	23
3	VALIDACIÓ DE LA SEGURETAT DEL PROCÉS DE PRODUCCIÓ DE CARN MADURADA.....	24
3.1	Caracterització dels factors intrínsecs i extrínsecs	27
3.2	Bibliografia científica	27
3.3	Microbiologia predictiva.....	27
3.4	Assajos d'inoculació (<i>challenge test</i>)	28
4	SEGUIMENT I VERIFICACIÓ DEL PROCÉS DE MADURACIÓ	29
4.1	Seguiment de les condicions ambientals	30
4.2	Seguiment de les peces	31
4.3	Seguiment de l'estat de les instal·lacions	35
5	MANIPULACIÓ HIGIÈNICA DE LES PECES.....	38
6	NETEJA I DESINFECCIÓ	40
7	COMERCIALITZACIÓ DE LA CARN MADURADA	43
7.1	Condicions de conservació i transport.....	44
7.2	Presentació i formats de venda.....	44
7.3	Etiquetatge i informació al consumidor.....	45
7.4	Comunicació i màrqueting responsable.....	46
8	LLISTA DE COMPROVACIÓ	47
9	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	50
10	ANNEX	54

PRESENTACIÓ DE LA GUIA, OBJECTIU I ABAST

La Guia Tècnica de producció de carn madurada s'ha elaborat per respondre a les necessitats recents del sector carni. Està destinada al conjunt de professionals i operadors que tenen interès en produir carn madurada així com a les autoritats competents que realitzen el control oficial dels establiments. S'ha dissenyat per què sigui clara, estructurada i fàcilment aplicable, garantint la consulta ràpida i eficient, per tal de donar compliment als requisits higiènics en l'elaboració de la carn madurada.

Aquest document es centra en el procés d'elaboració de carn madurada en sec (amb o sense l'ús de bosses permeables a l'aigua) especialment de boví, encara que també fa referència a la possible utilització d'altres espècies, com porcí o oví. Tot i que en algun apartat es fa esment de la maduració de la carn al buit (o humida), aquest mètode queda fora de l'abast d'aquesta guia.

La guia integra els aspectes tecnològics del procés de maduració de la carn amb els de seguretat alimentària en relació a determinats prerequisits i mesures preventives i de control. Defineix els principals procediments operatius de validació, vigilància (seguiment o monitorització) i verificació del procés de maduració, per tal d'elaborar carn madurada de forma segura amb la qualitat organolèptica desitjada. La guia pretén principalment aportar informació sobre aspectes clau i específics de la maduració en sec de la carn, que ajudin als operadors a reforçar el programa de prerequisits (PPR) i el pla d'Anàlisi de Perills i Punts de Control Crític (APPCC) basats en l'autocontrol. La conservació i comercialització de la carn madurada en sec després de polir, com la carn fresca estàndard, ha de realitzar-se sota bones pràctiques d'higiene (BPH) i donant compliment al PPR i APPCC. Atès que la preparació de carn fresca estàndard envasada al buit i la carn madurada al buit només difereixen pel temps aplicat, i les activitats de control d'aquests processos són similars, no es tracten en aquesta guia. En qualsevol cas, cada operador alimentari ha de desenvolupar de manera individual el seu sistema de PPR i APPCC, adaptant-lo a les seves instal·lacions, matèria primera i condicions de maduració de la carn. La descripció completa del PPR i APPCC per escorxadors, sales de desfer, establiments que maduren i comercialitzen la carn queda fora de l'abast d'aquesta guia.

El contingut de la guia, a més de considerar la legislació alimentària vigent i els estudis científics recents, es fonamenta en l'experiència acumulada durant diversos anys per l'IRTA en l'àmbit de la maduració de la carn. En particular, recull resultats derivats de les activitats dutes a terme en el marc dels Grups operatius GO-MADURACIÓ (Optimització del sistema de maduració de carn de boví, basat en la selecció de la matèria primera més idònia i la monitorització a temps real de les condicions de la cambra)¹, GO-OPTICARN (Optimització de les condicions d'emmagatzematge de la carn de diferents espècies per millorar la qualitat sensorial i la vida útil, aplicant protocols específics de maduració)², GO-CARNPREMIUM (Estratègies de conservació per obtenir carn de porcí i boví d'elevada qualitat sensorial i segura pel consumidor, aplicant protocols de maduració

¹ Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01 (Cooperació per a la innovació) a través del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020. Fitxa final: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/8602645/grups_operatius_cat_207/5453514c-5408-4992-a87e-5558cab795f4 [accedit el 7/12/2025]

² Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01 (Cooperació per a la innovació) a través del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022. Fitxa final: https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=2261c29e-4765-4ab4-9a58-6e75aa70052f&groupId=20181 [accedit el 7/12/2025]

de la carn)³, els projectes de recerca STRATEGIC PARTNERSHIP (INIA FPTA 373), AROMA (PID2024-158887OR-C31), i les activitats demostratives INNOVAMAD (Demostració d'eines innovadores per produir carn madurada de boví i porcí i millorar la competitivitat de les empreses del sector carni català, Figura 1)⁴ i VALIDA (Procediments experimentals a l'abast de la indústria alimentària per la validació de mesures de control, inclosa la vida útil segura)⁵, així com altres activitats emmarcades a convocatòries com AJUTS INNTRACK, CUPONS ACCIÓ GREEN i fins i tot, activitats contractuals amb empreses càrniques productores de carn madurada.

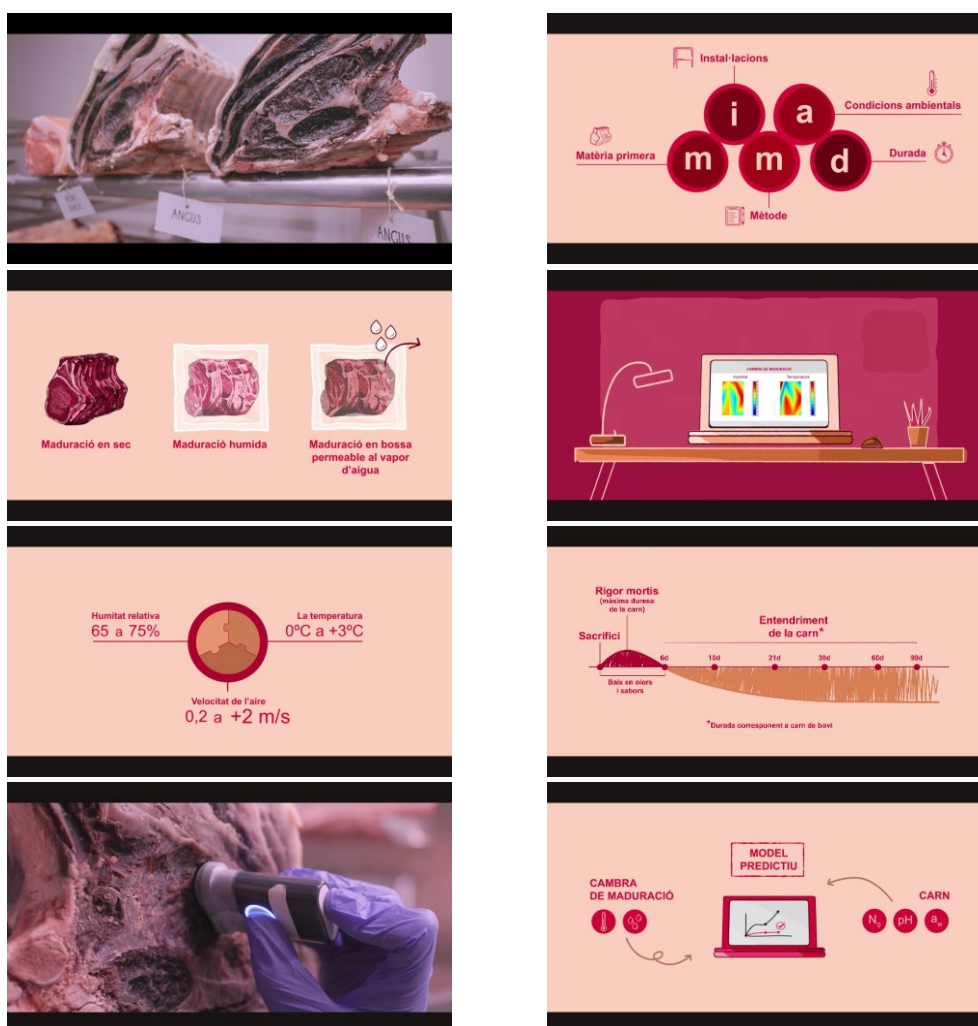


Figura 1. Imatges del vídeo formatiu sobre la maduració de la carn de l'activitat demostrativa INNOVAMAD⁴. Disponible a www.youtube.com/watch?v=2vc73sto06I

³ Projecte cofinançat per la Unió Europea a través de la intervenció 7161 del Pla estratègic de la PAC (PEPAC) 2023-2027. Fitxa inicial: https://ruralcat.gencat.cat/documents/d/guest/17_carn-premium_fd_pilot2023_cat_oksag

⁴ Activitat finançada a través de l'operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022 Ref. 56 30086 2021 2A. Fitxa final disponible a: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/10561853/086_fitxa+inicial.pdf/6ab098ef-7367-466c-801f-bbe64eb34416 [accedit el 7/12/2025]

⁵ Activitat de Demostració de transferència de coneixements cofinançada per la UE a través de la intervenció 7201 del Pla estratègic de la PAC 2023-2027. Informació disponible a: <https://www.irta.cat/projecte/valida-procediments-experimentals-a-labast-de-la-industria-alimentaria-per-la-validacio-de-mesures-de-control-inclosa-la-vida-util-segura/> [accedit el 5/12/2026]

01

Documents de referència

1.1 Marc normatiu

Tenint en compte l'augment del consum de carn madurada, la Comissió Europea va considerar procedent establir requisits específics respecte la producció de carn de boví madurada en sec modificant el Reglament (CE) 853/2004 sobre les normes específiques d'higiene dels aliments d'origen animal, a través del Reglament delegat (UE) 2024/1141 de la Comissió (UE 2024), tenint en compte el dictamen científic de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) sobre la seguretat microbiològica de la carn madurada publicat a principis del 2023 (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023). D'acord amb l'avaluació de l'EFSA, la carn madurada no genera un risc més gran per a la salut pública que la "carn fresca estàndard" sempre que es compleixin determinats requisits durant el procés. S'ha d'aplicar el pla de l'APPCC, el PPR i les BPH en totes les etapes de la cadena càrnia, incloent-hi el sacrifici, el condicionament de les canals, la refrigeració, la preparació de la carn fresca, la maduració, la conservació i la comercialització, així com durant la manipulació i emmagatzematge posterior en establiments de restauració o comerç al detall. El dictamen de l'EFSA descriu les condicions, expressades en combinacions de temps i temperatura del procés de maduració, considerant valors de pH i activitat d'aigua (a_w) superficial de la carn, que proporcionen un nivell de seguretat microbiològica equivalent⁶ a la "carn fresca estàndard"⁷. A més, identifica activitats de control addicionals basades en les bones pràctiques per la maduració en sec de la carn de vedella.

En aquest context, el Reglament (CE) 853/2004 i les seves modificacions⁸, estableix normes específiques d'higiene dels aliments d'origen animal en totes les fases de la cadena, incloent els requisits específics d'higiene per a les instal·lacions i operacions com la producció, manipulació, processament, emmagatzematge i distribució. Més concretament, aquest Reglament també regula sobre les condicions de maduració en sec de la carn d'ungulats domèstics a través de la modificació establerta pel Reglament delegat (UE) 2024/1141 que recull la Figura 2.

La maduració de la carn es pot dur a terme en establiments del sector carni autoritzats, així com en comerços minoristes (p. ex. carnisseries) i establiments de restauració. Els establiments han de complir els requisits generals i específics d'higiene aplicables, i són els responsables d'establir les condicions adequades per a la maduració dins dels seus procediments basats en el sistema d'APPCC i autocontrol.

⁶ Condicions que assolirien nivells de *Listeria monocytogenes* similars o inferiors als de la carn fresca estàndard.

⁷ En l'avaluació d'EFSA, es va considerar com a carn fresca estàndard la carn vedella conservada al buit fins a 14 dies, mentre que per a la carn de porc i xai fins a 4 dies.

⁸ Versió consolidada del 18/11/2025 disponible a <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/2025-11-18> [accedit el 7/12/2025].

ANNEX III. REQUISITOS ESPECÍFICOS SECCIÓN I: CARNE DE UNGULADOS DOMÉSTICOS	
CAPÍTULO VII: ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE Los operadores de empresa alimentaria deberán garantizar que el almacenamiento y el transporte de la carne de ungulados domésticos se lleve a cabo de conformidad con los siguientes requisitos. 1.a) Salvo disposiciones contrarias expresas, la inspección post mortem deberá ir inmediatamente seguida de una refrigeración en el matadero para garantizar una temperatura de toda la carne no superior a 3°C en el caso de los despojos y a 7°C en otros tipos de carne, siguiendo a tal efecto una curva de enfriamiento que garantice un descenso ininterrumpido de la temperatura. No obstante, la carne podrá ser despiezada y deshuesada durante la refrigeración de conformidad con el punto 4 del capítulo V. b) Durante las operaciones de refrigeración, deberá haber la ventilación necesaria para impedir que se produzca condensación en la superficie de la carne. 2. La carne deberá alcanzar la temperatura establecida en el punto 1 y permanecer a dicha temperatura durante el almacenamiento. 2 bis. A efectos del presente punto, se entenderá por «maduración en seco» el almacenamiento de carne fresca en condiciones aerobias de canales o cortes colgados ya sea sin envasar o envasada en bolsas permeables al vapor de agua en una sala o cámara refrigerada y que se dejan madurar durante varias semanas en condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y flujo de aire controladas. Antes de su comercialización o congelación, la carne de vacuno sometida a maduración en seco deberá almacenarse a una temperatura en la superficie de entre -0,5 y 3,0 °C, con una humedad relativa máxima del 85 % y un flujo de aire de 0,2 a 0,5 m/s en una sala o cámara específica durante un máximo de 35 días a partir del final del período de estabilización tras el sacrificio. No obstante, los operadores de empresas alimentarias podrán aplicar otras combinaciones de temperatura en la superficie, humedad relativa, flujo de aire y tiempo, o madurar en seco la carne de otras especies, si demuestran, a satisfacción de las autoridades competentes, que se ofrecen garantías equivalentes sobre la seguridad de la carne. Además, se aplicarán las siguientes medidas específicas: i) la maduración en seco comenzará inmediatamente después del período de estabilización tras el sacrificio y no se retrasará indebidamente el despiece y/o el transporte a un establecimiento que lleve a cabo la maduración en seco, ii) la carne no se cargará en la sala o cámara hasta que se hayan alcanzado la temperatura y la humedad relativa a que se refiere el párrafo segundo, iii) la carne se colgará del hueso o, si se utiliza un estante, deberá garantizarse una perforación suficiente para facilitar el flujo de aire dándole la vuelta de manera periódica con métodos higiénicos, iv) puede aplicarse un flujo de aire más elevado al inicio del proceso de maduración en seco para facilitar el desarrollo temprano de la corteza y reducir la actividad de agua en la superficie, v) deberán utilizarse termómetros, sondas de humedad relativa y otros equipos para supervisar de forma precisa y facilitar el control de las condiciones de la sala o la cámara, vi) el aire que sale del evaporador, vuelve al evaporador y entra en contacto con la carne de vacuno, deberá filtrarse o tratarse con radiación ultravioleta, vii) al recortar la corteza, dicho recorte se realizará de forma higiénica. .../...	
SECCIÓN V: CARNE PICADA, PREPARADOS DE CARNE Y CARNE SEPARADA MECÁNICAMENTE (CSM)	
CAPÍTULO III: HIGIENE DURANTE Y DESPUÉS DE LA PRODUCCIÓN 6. Los preparados de carne sometidos a maduración en seco deberán cumplir los requisitos establecidos en la sección I, capítulo VII, punto 2 bis, del presente anexo III.	

Figura 2. Extracte de la versió consolidada del 18/11/2025 del Reglament (CE) 853/2004 que integra (ombregjat en gris) la modificació establerta pel Reglament delegat (UE) 2024/1141 en relació a requisits específics respecte la carn de boví madurada en sec.

1.2 Documents de referència

A continuació es detallen els documents de referència que s'han consultat per elaborar aquesta guia, a més del Reglament (CE) 853/2004 i les seves modificacions, inclosa la del Reglament delegat (UE) 2024/1141:

- Dictamen de l'EFSA sobre la seguretat microbiològica de la carn madurada (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023)
- Directrius del Codex Alimentarius per la validació de mesures de control de la innocuïtat dels aliments (FAO i OMS, 2008).
- Guies de producció de carn madurada:
 - PrimeSafe (2017). *Aging of Beef*. PN: PO5: 201709. *Standards and Guidelines*.
 - MLA (*Meat and Livestock Australia*) (2019) *Guidelines for the safe production of dry aged meat*.
 - AFSCA (*Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire*) (2017). Capítol suplementari *Maturation longue à sec ou "dry-aging"* de la *Guide d'autocontrôle en boucherie-charcuterie*. Dossier Nr. G003 (2015).
- Articles tècnics:
 - Panella-Riera, N., Delpiazzi, R., Font i Furnols, M., & Gil, M. (2021). *Revalorización de la carne bovina mediante la maduración*. *TecnoCarne*, 3, 42-47.
 - Panella-Riera, N., Gonzalez, J., Nogue, I., Masferrer, G., & Font i Furnols, M. (2024). *Aspectos clave para producir carne madurada segura*. *Eurocarne*, 332, 27-36.

El llistat complet de referències bibliogràfiques utilitzades i citades en aquesta guia s'inclou a l'apartat 9.

02

Principis i paràmetres clau

2.1 Mètodes de maduració de la carn

El procés de maduració té com a finalitat principal millorar les característiques sensorials de la carn. Existeixen diferents mètodes de maduració: en sec i al buit (Taula 1), que poden aplicar-se de manera exclusiva o en combinació, aplicant-ho a la canal sencera o bé a les peces seleccionades (Kim *et al.*, 2018).

A la Figura 3 es mostra l'aspecte final de tres porcions d'un mateix llom de vedella madurats 4 setmanes mitjançant diferents mètodes. Tal i com s'ha esmentat anteriorment, aquesta guia tècnica es centra en el procés d'elaboració de carn madurada en sec (amb o sense l'ús de bosses permeables a l'aigua). El mètode de maduració al buit queda fora de l'abast d'aquesta guia.

Taula 1. Descripció dels mètodes principals de maduració de la carn.

Maduració en sec	Maduració al buit
De l'anglès <i>dry-ageing</i> .	De l'anglès <i>wet-ageing</i> .
Es contemplen dos tipus de maduració en sec:	També coneguda com maduració humida
<u>Maduració en sec convencional:</u> Consisteix a col·locar les canals o les peces en una cambra de maduració sense envasar ni sense cap tractament addicional durant el temps desitjat, a unes condicions ambientals molt ben controlades (temperatura, humitat relativa i velocitat d'aire). Pot aplicar-se a la canal sencera, quarts o peces.	Consisteix a envasar les peces al buit i amb materials amb alta barrera als gasos emmagatzemar-les en una cambra de refrigeració durant el temps desitjat. Sol aplicar-se a peces desossades.
<u>Maduració en sec amb bossa:</u> Consisteix en madurar les peces envasades en bosses permeables al vapor d'aigua. Sol aplicar-se a peces desossades.	No és objecte d'aquest document.



Figura 3. Aspecte de tres porcions d'un mateix lloç de vedella madurades 4 setmanes amb el mètode de maduració en sec (maduració en sec convencional, esquerra), maduració en sec amb bossa (carn envasada en una bossa permeable al vapor d'aigua; centre) i maduració humida o al buit (dreta) (Fotos d'IRTA - Monells).

2.1.1 Etapes per establir el procés de producció de carn madurada

Per a produir carn madurada de bona qualitat sensorial i segura, a continuació s'introdueixen les etapes principals per establir el procés de producció de carn madurada, que es descriuen amb més detall en els següents apartats de la guia:

1. **Definició de l'estratègia de maduració:** en relació a l'**objectiu organolèptic del procés de maduració**, prioritant la tendresa de la carn o també els *flavors* diferenciats. Tot seguit, caldrà definir els aspectes clau per a produir carn madurada, seguint els punts considerats a l'estratègia **Mimat** (Figura 4).
2. **Validació** de l'estratègia de maduració: per garantir que el procés aplicat permet obtenir carn madurada segura.
3. **Vigilància i verificació** del procés de maduració: a través dels paràmetres que permetin **monitoritzar** i **verificar** (vegeu apartat 2.1.2) la correcta aplicació del procés de maduració, identificar desviacions del procés i aplicar correccions que mantinguin el procés sota control.
4. **Manipulació higiènica de la carn madurada:** identificació i implementació de les pautes de manipulació higiènica de les peces madurades.
5. **Neteja i desinfecció** d'estrís, equipaments i instal·lacions.
6. **Comercialització:** identificació de les estratègies de comercialització de les peces madurades.

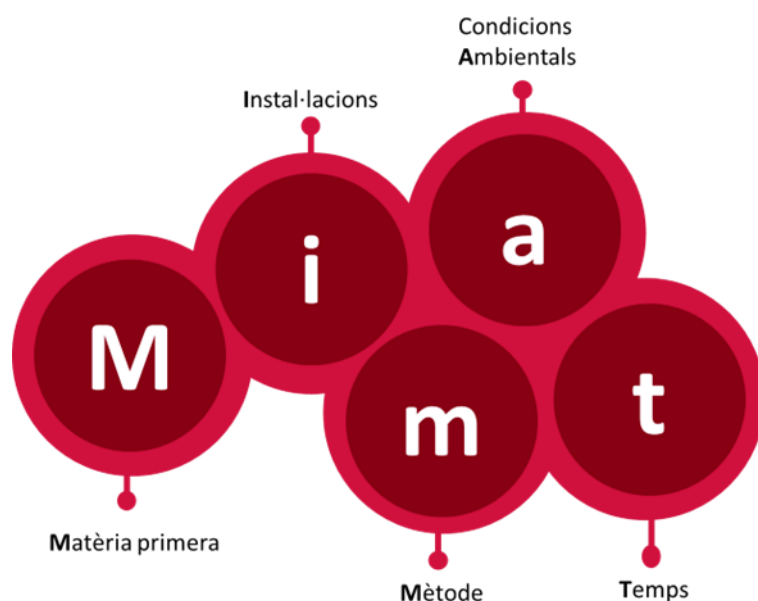


Figura 4. Diagrama dels aspectes claus per definir l'estratègia de maduració (Panella-Riera *et al.*, 2024).

2.1.2 Les 3 V de la gestió de la seguretat alimentària

Per garantir la seguretat alimentària i la qualitat de la carn madurada, les condicions del procés, inclòs el temps de maduració, s'han de Validar, Vigilar (monitoritzar) i Verificar. A la Taula 2 es mostra una visió general del significat i propòsit d'aquests procediments en el context de les mesures de control del sistema d'APPCC, que també poden aplicar-se en la gestió de la qualitat organolèptica desitjada per la carn madurada.

La validació serveix per comprovar que, amb les condicions definides (p. ex. temperatura, humitat relativa, velocitat de l'aire, temps), es controlen els perills microbiològics rellevants i s'assoleix la qualitat i la seguretat microbiològica esperada. La validació es realitza durant la definició de l'estratègia de maduració i permet establir els paràmetres operatius de control que s'hauran de vigilar (monitoritzar) durant el procés de maduració en tots els lots de producció. La monitorització o seguiment del procés de maduració s'ha de fer en temps real, per detectar desviacions amb temps suficient per aplicar accions correctives immediates quan algun dels paràmetres o condicions excedeixen els límits crítics fixats. Els dispositius utilitzats per mesurar els paràmetres de control (p. ex. temperatura, humitat relativa, a_w i altres paràmetres) han d'estar degudament calibrats. Finalment, la verificació periòdica (*a posteriori*) a través d'analítiques del producte final, comprovació dels registres de la monitorització, etc. confirma que les condicions aplicades estan dins els límits validats i per tant les mesures de control funcionen o han estat funcionant en la forma prevista (FAO i OMS, 2008; CE, 2022).

Taula 2. Visió general del significat i propòsit dels procediments de validació, vigilància i verificació de les mesures de control del sistema d'APPCC (FAO i OMS, 2008; CE, 2022).

	Validació	Vigilància (monitorització)	Verificació
Què és?	La obtenció d'evidències que demostrin que una mesura de control o combinació de mesures de control, si s'aplica degudament, és capaç de controlar el perill amb un resultat especificat.	La realització d'una seqüència planejada d'observacions o de determinacions de paràmetres de control per avaluar si una mesura de control es troba o no sota control.	L'aplicació de mètodes, procediments, assajos i altres avaluacions per constatar si una mesura de control funciona o ha estat funcionant en la forma prevista.
Per a què serveix?	Per definir les condicions operatives adequades per l'estratègia de maduració de carn.	Per controlar si els paràmetres definits es mantenen dins dels límits crítics validats, el procés de maduració evoluciona segons el previst. Permet detectar qualsevol desviació i aplicar immediatament les accions correctives necessàries per restablir les condicions adequades.	Per comprovar si la qualitat microbiològica de la carn madurada s'aconsegueix amb la implementació de les condicions operatives que s'han monitoritzat. Comprovar el compliment dels criteris o estàndards microbiològics rellevants
Quan s'ha de fer?	<i>A priori</i> , en l'etapa de disseny i definició del procés de maduració, abans de la producció comercial.	A temps real, durant el procés de maduració.	<i>A posteriori</i> , al finalitzar del procés de maduració.
Amb quina freqüència?	En cas de canvis (en la configuració de la cambra de maduració, tipologia de carn, etc.) es podria requerir la revalidació.	En cada lot de producció, proporcionant resultats amb la freqüència suficient per identificar a temps possibles fallades i permetre una resposta ràpida.	Periòdicament, depenent de l'estratègia de maduració i l'estandardització (variabilitat) del procés.
Com?	Procediments específics cobrint intervals de condicions operatives raonablement previsibles. (vegeu apartat 3).	Mesures a temps real (p. ex. temperatura, humitat relativa, a_w), idealment en continu a través de mètodes analítics ràpids i no destructius. (vegeu apartat 4)	Determinacions de paràmetres fisicoquímics, microbiològics i organolèptics de la carn madurada. Comprovació del calibratge correcte dels instruments de mesura dels registres de la vigilància. Revisió d'incidències i anàlisis de tendències. (vegeu apartat 4)

2.2 Definició de l'estratègia de maduració Mimad

2.2.1 Definició de l'objectiu organolèptic del procés de maduració

Durant les primeres setmanes la millora es centra en la tendresa. En maduracions prolongades, s'hi afegeix el desenvolupament d'aromes i sabors (*flavors*) característics, derivats de processos bioquímics associats a la hidròlisi dels greixos i oxidació lipídica i la formació d'altres molècules com nucleòtids i aminoàcids. L'aroma resultant pot variar de manera significativa en funció del mètode de maduració, les condicions ambientals i el perfil lipídic de la carn madurada (Kim *et al.*, 2018, Zhang *et al.*, 2022).

En aquesta etapa caldrà identificar les característiques organolèptiques desitjades al final del procés de maduració prioritzant la tendresa o bé el desenvolupament de *flavors* diferenciats a més de la tendresa (Panella-Riera *et al.*, 2021).

2.2.2 Diagrama de flux

La inclusió del diagrama de flux del procés és un requisit fonamental en l'aplicació del sistema APPCC que facilita la comprensió completa i precisa del flux de producció i la identificació dels punts de control crític. És necessari que el diagrama de flux de la producció de carn madurada s'ajusti a cada operador i es verifiqui sobre el terreny per assegurar que reflecteix fidelment les operacions reals.

La Figura 5 mostra un diagrama de flux genèric del procés de producció de carn madurada, considerant la maduració en sec (blau) o bé la maduració al buit (lila). Ambdós mètodes comparteixen etapes inicials, com la recepció i selecció de la matèria primera, així com el període d'estabilització de la temperatura previ a l'inici de la maduració. Aquestes etapes s'han d'ajustar al tipus de maduració escollit i a les condicions ambientals que es determinaran per al procés.

Finalment, caldrà establir i descriure detalladament cadascuna de les etapes en funció del procediment específic que s'implementi.

2.2.3 M: selecció, recepció i preparació de la matèria primera

Es recomana elaborar un protocol intern definint els criteris i procediments per a:

- i. la selecció de les peces amb les característiques òptimes per a ser madurades,
- ii. la recepció i control de les especificacions a l'arribada de les peces,
- iii. la preparació de les peces abans d'entrar-les a la cambra de maduració.

Aspectes com l'estat d'engreixament de l'animal segons el sistema de classificació de canals Reglament (UE) 1308/2013, el nivell de greix infiltrat, el pH superficial i l'estat físic de les peces (p. ex. presència de perforacions o talls) afectaran de manera molt important el desenvolupament de la maduració.

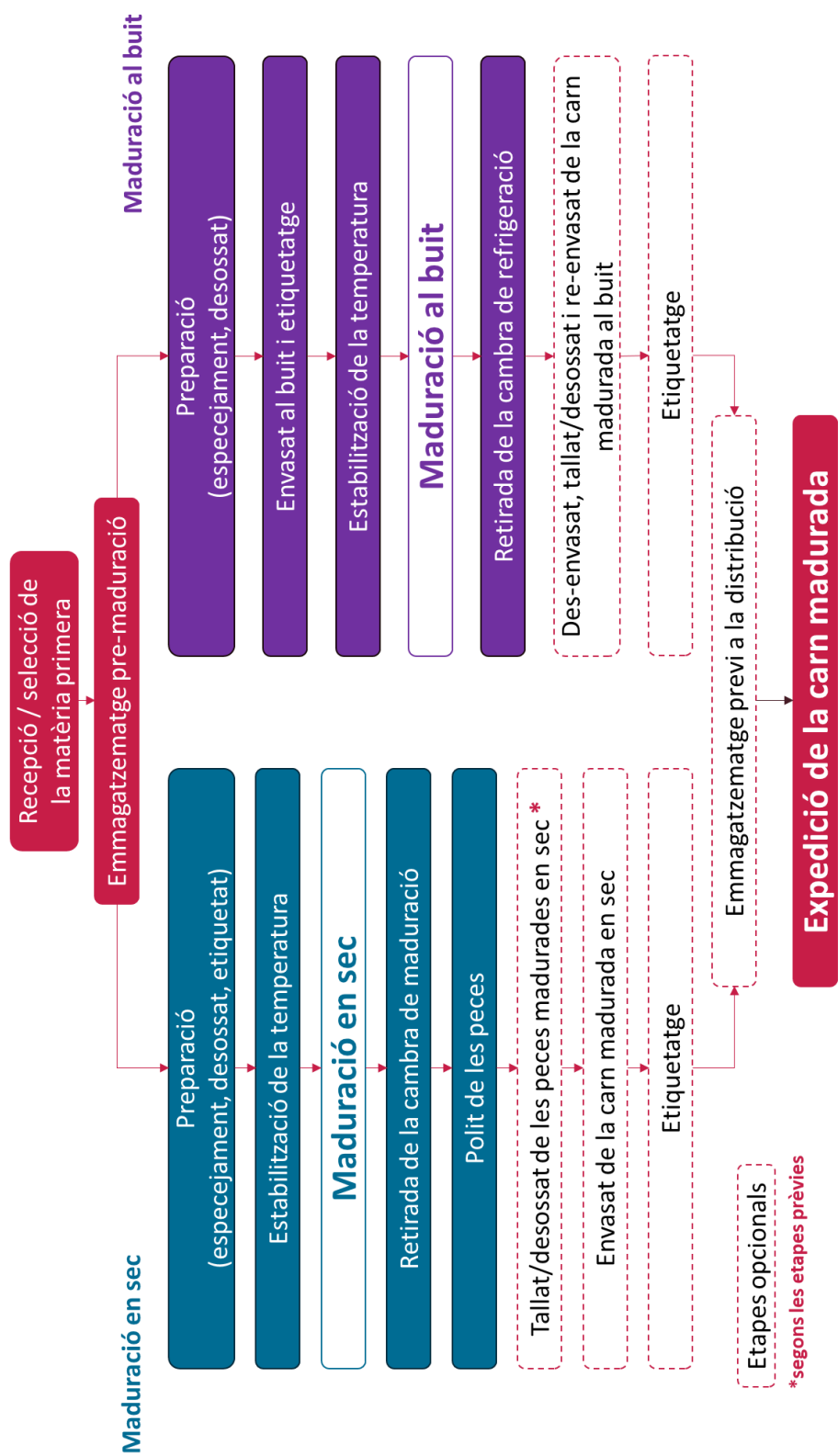


Figura 5. Diagrama de flux genèric del procés de maduració en sec i al buit.

i. Selecció de carn adequada per madurar

Cada operador haurà d'adaptar el procés de producció de carn madurada a la seva estratègia particular. Algunes empreses optaran per treballar amb la mitja canal, d'altres amb peces amb os i en determinats casos, peces desossades. En tots els casos, la definició dels criteris de selecció de la carn fresca és clau per estandarditzar el propi procés de maduració. Aquests criteris s'han d'ajustar a les capacitats de l'operador i a la informació disponible proporcionada pel proveïdor (Figura 6). La Taula 3 mostra aspectes claus en el moment de seleccionar la carn adequada per madurar.

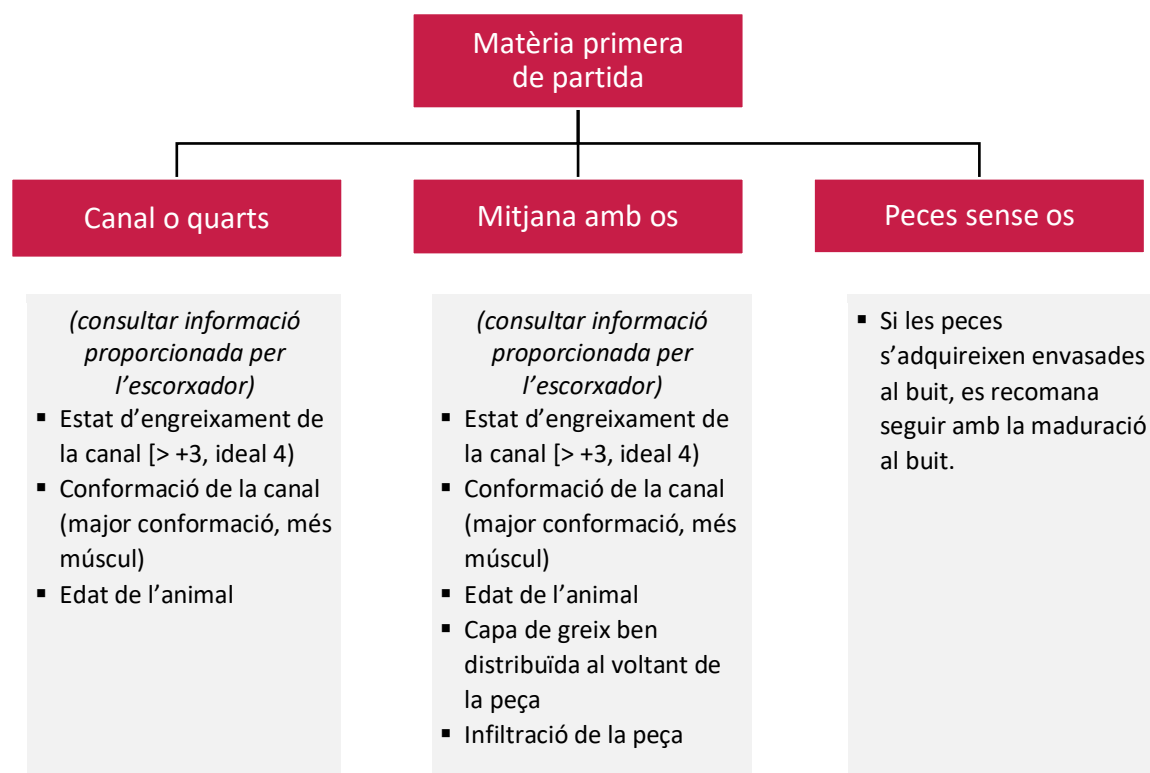


Figura 6. Informació de la matèria primera que permet establir els criteris de selecció i definir l'estratègia de maduració segons el format d'adquisició (canal o quarts, mitjana amb os, o bé peces sense os).

Taula 3. Aspectes clau en el moment de seleccionar la carn adequada per madurar.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Tenir present que no tota la carn és adequada per a iniciar un procés de maduració.	• Definir criteris tècnics de selecció de la matèria primera com un dels factors que permeten estandarditzar el procés. • Sol·licitar informació a l'escorxador d'origen per a conèixer les característiques de la carn que es vol madurar i, així, ajustar el procés a les característiques de la matèria primera.

ii. Recepció i control de la carn

En el moment de la recepció de la matèria primera càrnia s'ha de dur a terme un control del producte, de les condicions de transport i de la documentació que l'acompanya. És important considerar que la matèria primera pot provenir de diferents orígens amb qualitats tecnològiques i microbiològiques variables. Per això, cal establir un protocol d'inspecció per valorar l'estat de les canal·les o les peces i definir estratègies per reduir la contaminació superficial, minimitzant el risc de contaminacions creuades dins la cambra de maduració. El control de les condicions de transport (temperatura i higiene) també és important per garantir la seguretat del producte final.

Els punts principals a tenir en compte inclouen:

- Control de la carn: inspecció organolèptica (color, olor, aspecte), temperatura, pH, absència de cossos estranys, etc.
- Control del transport: temperatura i condicions d'higiene del vehicle.
- Control de la documentació: albarans o qualsevol document associat.

Tots els resultats s'han de registrar en el format habilitat com a part dels registres del sistema d'autocontrol (registre d'entrada, albarà, etc.), incloent-hi les incidències detectades i com s'han gestionat.

Independentment del format d'adquisició de la carn fresca per madurar— ja sigui mitja canal, quarts o peces— en el moment de recepció es procedirà de la següent manera:

1. Inspeccionar que estigui en bon estat i no presenti cap zona amb decoloracions o olors anormals.
2. Descartar peces que presentin zones amb perforacions (ganivet o ganxo) i zones amb cops de ganivet.
3. En el format de peça sencera (p. ex. mitjana sencera amb os) es recomana escapçar els extrems amb una serra o ganivet per retirar la possible contaminació d'origen i reduir el risc de proliferació superficial de microorganismes durant la maduració.

La Taula 4 presenta una proposta de criteris per a la inspecció i acceptació de la carn destinada a maduració. En cas de rebre peces que no compleixen amb els criteris predefinits per l'operador, caldrà buscar altres aplicacions o destins.

Taula 4. Proposta d'accions per la recepció de matèries primeres, control d'entrada i acceptació de les peces que han d'iniciar el procés de maduració.

	Acció	Pautes / Observacions
Origen	Adquirir carn de proveïdors homologats.	Enregistrar les incidències tant a la recepció de la carn com de les peces que no evolucionen correctament durant la maduració per a identificar possibles patrons.
Condicions de transport	Valorar les condicions de transport	Revisar el registre de temperatura del vehicle i avaluar l'estat higiènic del vehicle. Comprovar que la carn (canals, quarts o peces) no toquin a terra.
Inspecció visual	Valorar l'estat físic i integritat de la matèria primera.	Cal que siguin fresques i de color vermell intens. Cal escapar les parts afectades per perforacions o fissures per minimitzar el risc d'entrada de fongs i altres microorganismes a la cambra de maduració. Segons la zona que estigui afectada, considerar si és una peça apta per madurar. Criteris d'exclusió de la carn: presència de fissures, incisions, decoloracions, zones amb olors anormals, presència evident de llim, fongs o llevats.
Temperatura	Controlar la temperatura de la carn en la recepció	Afegir punt de control: - Temperatura del camió - Temperatura superficial de la carn
pH	Control del pH superficial	Criteri d'acceptabilitat: pH 5,5-6,2 ⁹ Rang òptim: pH 5,5 - 5,7

iii. Preparació de la carn

Un cop recepcionada la carn, és important realitzar una sèrie de pràctiques correctes per a preparar les peces abans d'entrar-les a la cambra de maduració (Taula 5).

Per tal d'evitar oscil·lacions significatives de la temperatura i la humitat relativa ambiental de la cambra i que poden afectar el procés de maduració i la seguretat, la temperatura superficial de la carn (canal i peces) ha de ser igual o inferior a la temperatura de configuració de la cambra abans de col·locar-la al seu interior⁹. Per tant, si en el moment de la recepció la carn presenta temperatura superior a la temperatura de funcionament de la cambra de maduració, caldrà emmagatzemar-la prèviament en una cambra diferent fins assolir la temperatura objectiu. Aquesta és l'etapa d'estabilització de temperatura que s'ha considerat al diagrama de flux (Figura 5) i que estableix el text normatiu vigent.

És recomanable analitzar i identificar les característiques comunes de la matèria primera per establir criteris d'agrupació que permetin ajustar i estandarditzar el procés de maduració. Aquesta classificació pot basar-se en paràmetres com el pes, el grau d'infiltració de greix, la cobertura externa, la conformació o altres indicadors de qualitat. Definir aquests grups facilita una gestió més homogènia del procés i contribueix a garantir resultats consistents en termes de seguretat i qualitat del producte final.

La disposició de les peces dins la cambra de maduració pot realitzar-se en format horitzontal o vertical. En ambdós casos, cal garantir una separació mínima de 3 cm entre peces per evitar el contacte directe i assegurar una circulació d'aire òptima, afavorint així un asseccament homogeni en tota la superfície (Savini *et al.*, 2024).

Taula 5. Consideracions sobre l'etapa de preparació de la matèria primera.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• La temperatura de la carn, en el moment d'entrar a la cambra, ha de ser igual o inferior a la temperatura de configuració de la cambra de maduració⁹. • Col·locar les peces a la cambra de maduració separades per a facilitar la circulació d'aire entre elles i així agilitzar l'asseccament superficial.	• Analitzar i identificar les característiques comunes de la matèria primera per establir criteris d'agrupació que permetin ajustar i estandarditzar el procés de maduració. • Inspeccionar les peces per a retirar les parts que podrien afectar negativament el bon desenvolupament de la maduració. • Enregistrar de temperatura de les peces i temperatura de la cambra de maduració en el moment d'entrar les peces a la cambra de maduració.

⁹ Requisit especificat al Reglament delgat (UE) 2024/1141 (vegeu apartat 1)

2.2.4 i: instal·lacions

Les instal·lacions destinades a la maduració i manipulació de carn han de complir els requisits generals d'higiene alimentària establerts en el pla de prerequisits, amb mesures específiques per garantir que les superfícies siguin llises i fàcilment netejables (p. ex. disseny higiènic), així com protocols de neteja i desinfecció regulars per a zones i equips (vegeu apartat 5). També s'ha de disposar d'una ventilació adequada per evitar condensacions. A més, el personal ha de seguir bones pràctiques d'higiene personal i utilitzar equips de protecció adequats.

Com a mesura de prevenció de la contaminació creuada, les instal·lacions dels establiments que maduren carn han de disposar de zones i equips diferenciats per manipular i conservar:

- la carn (canal i/o peces) abans de la maduració, per preparar-la, envasar-la (en cas de la maduració en bossa) i assolir la temperatura objectiu de la maduració;
- la carn durant el procés de maduració, considerant la conveniència de disposar de diferents cambres de maduració que permetin treballar per lots, permetent així adequar-se a l'avanç del procés de maduració;
- la carn (canal i/o peces) madurada sense polir;
- la carn (peces) madurada ja polida.

Per a la producció de carn madurada en sec és obligatori utilitzar una cambra de maduració o armari d'ús exclusiu, que tingui capacitat per monitoritzar i regular la temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire. La cambra ha d'incorporar un sistema de tractament de l'aire en contacte amb la carn durant la maduració en sec (p. ex. filtrat o UV)⁹ per garantir la seguretat microbiològica. Igualment, ha de permetre la col·locació de les peces amb una separació suficient per assegurar una circulació d'aire homogènia.

En el cas de la maduració en format vertical, es recomana utilitzar estructures tipus paraigües que facilitin el penjat de les peces amb la distància adequada entre elles. En el format horitzontal, és preferible emprar estanteries amb filferro d'acer inoxidable, ja que les lleixes poc perforades no garanteixen una circulació d'aire adequada dins la cambra (Savini *et al.*, 2024).

La previsió de producció de carn madurada és un punt determinant per garantir l'eficiència del procés. És important estimar el volum de carn que es podrà madurar segons les dimensions i la capacitat de la cambra per facilitar el manteniment de les condicions ambientals òptimes. Aquesta estimació és crítica en el moment de dissenyar les instal·lacions o d'adquirir un armari o cambra de maduració.

Per calcular el volum de producció és important considerar tres factors clau: previsió de la freqüència d'entrada, freqüència de sortida (previsió de vendes setmanals), i temps de maduració previst.

Aquests factors permetran dimensionar correctament la capacitat de la cambra i assegurar un flux de producció continu, evitant acumulació de peces i garantint una maduració homogènia.

La Taula 6 recull les consideracions imprescindibles i recomanables sobre les instal·lacions per produir carn madurada.

Taula 6. Consideracions sobre les instal·lacions per produir carn madurada.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Disposar d'una cambra de maduració d'ús exclusiu, aclimatada a les condicions de temperatura, humitat relativa i velocitat d'aire del procés de maduració abans d'introduir-hi la carn. • Disposar de sistemes de control intuïtius i accessibles per seguir les condicions ambientals (temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire)⁹ i enregistrar-les de manera fiable, facilitant així la gestió del procés. • Incloure filtres al sistema de recirculació de l'aire o bé instal·lar un sistema de tractament per llum ultraviolada de l'aire que entra en contacte amb la carn en maduració⁹ per assegurar la qualitat microbiològica de la carn al final del procés. • Preveure un espai per estabilitzar la temperatura abans d'introduir la carn a la cambra de maduració⁹ per evitar fluctuacions que puguin alterar el desenvolupament de la carn madurada. • Assegurar un disseny higiènic que faciliti la neteja i desinfecció de la cambra i de les estructures interiors. • Evitar sobrecàrrega de la cambra per garantir l'eficiència del procés de maduració. • Evitar que les canals o peces es toquin entre elles fer facilitar l'assecat superficial de totes les parts i minimitzar contaminacions creuades per contacte. • Maduració en format horitzontal: cal que la superfície sigui suficientment perforada per a facilitar la circulació de l'aire a tot voltant (inclosa la base) de les peces per facilitar l'assecat superficial⁹. • Maduració en format vertical: evitar perforar el múscul per subjectar les peces de carn, cal perforar l'os⁹. Alternativament, es pot abraçar la peça amb el cordill.	• Disposar de cambres o espais addicionals per treballar per lots, adaptant-se a l'evolució del procés en funció dels grups o categories definides segons les característiques de la matèria primera. • Disposar d'un sistema d'alarmes adequat a les necessitats, que indiqui desviacions de la temperatura respecte l'objectiu i la tolerància. • Revisar periòdicament els components per evitar condensacions, trobar-ne la causa i eliminar-la. • Maduració en format vertical: les peces poden estar penjades dels rails o carros. Es recomana utilitzar estructures tipus paraigües que faciliten la separació de les peces.

2.2.5 m: mètode de maduració

Tal com s'ha indicat anteriorment, aquesta guia se centra principalment en el mètode de maduració en sec, si bé cal destacar que existeixen diverses variants dels mètodes descrits a la Taula 1. La selecció del mètode més adequat depèn, en gran mesura, de les característiques de la matèria primera; per aquest motiu, és fonamental adaptar el procés de maduració al format de la peça, que pot correspondre a una canal sencera, un tall pistola, una mitjana sencera, peces amb o sense os, o bé formats alternatius.

A més, la maduració no sempre es limita a l'aplicació exclusiva del mètode en sec (objecte d'aquesta guia) o al buit (fora de l'abast d'aquest document), ja que la literatura descriu variants que combinen diferents mètodes o formats (Kim *et al.*, 2018, Zhang *et al.*, 2022). S'han descrit diverses estratègies, entre les quals destaquen:

- iniciar la maduració amb la mitja canal sencera durant una o dues setmanes en cambres específiques i completar-la en format peça aplicant maduració en sec (convencional o en bossa permeable a l'aigua) o combinar-ho amb una conservació al buit;
- aplicar una maduració per etapes, establint condicions ambientals diferenciades en cada fase;
- combinar la conservació al buit amb una posterior maduració en sec (convencional o en bossa permeable a l'aigua).

Aquestes estratègies permeten optimitzar la qualitat sensorial i tecnològica final, adaptant el procés a les necessitats específiques de cada cas. Caldrà validar l'estratègia particular per garantir la seguretat alimentària i la qualitat de la carn madurada, tal i com s'explica a l'apartat 3.

2.2.6 a: condicions ambientals

Les condicions ambientals de la cambra de maduració són determinants per l'evolució correcta de les peces madurades, la seguretat microbiològica del procés i les característiques organolèptiques de la carn. Els tres paràmetres clau són la temperatura, la humitat relativa i el flux d'aire, ja que actuen de manera interrelacionada.

La temperatura influeix directament en la velocitat de tenderització, i en el creixement dels microorganismes presents en la carn.

La humitat relativa condiciona el grau d'asseccament, la pèrdua de pes i en conseqüència, el rendiment econòmic del procés. Al mateix temps, regula la formació de l'encrostat i el comportament dels microorganismes superficials degut a la disminució progressiva de l' a_w a la superfície de la peça. Així, la humitat relativa de la cambra esdevé un element clau que afecta directament el risc de creixement de fongs.

La velocitat o flux de l'aire contribueix a mantenir una humitat relativa homogènia dins la cambra, afavoreix el correcte asseccament superficial i la formació de l'encrostat de la carn, i redueix el risc de zones amb humitat acumulada que podrien facilitar el creixement de fongs i llevats.

El conjunt d'aquests paràmetres té un paper clau en l'eficiència del procés (tant econòmica com energètica) i en l'obtenció de carn madurada segura i de la qualitat organolèptica desitjada. Tot i que el text normatiu estableix valors de referència per a cada un d'ells, l'estratègia de maduració pot requerir ajustar la configuració de la cambra per assolir l'objectiu organolèptic definit. De fet, el Reglament delegat (UE) 2024/1141 permet aplicar condicions ambientals alternatives sempre que es validin i garanteixin un nivell de seguretat microbiològica equivalent, a satisfacció de l'autoritat competent (vegeu apartat 3). La Taula 7 mostra les condicions ambientals indicades en la normativa vigent i planteja alternatives segons l'objectiu organolèptic.

Taula 7. Condicions ambientals indicades en la normativa vigent i alternatives segons l'objectiu organolèptic del procés de maduració en sec de la carn de boví.

	Reglament delegat (UE) 2024 / 1141	Maduració curta (efecte sobre la tendresa)	Maduració llarga (efecte sobre aroma i sabor, a més de la tendresa)
Temperatura superfície	de -0,5 a 3,0 °C	de 1,0 a 2,0 °C	de -0,5 a 1,5 °C
Humitat relativa	< 85 %	de 60 a 65 %	de 60 a 70 %
Velocitat de l'aire	de 0,2 – 0,5 m/s	de 0,2 – 0,5 m/s	de 0,2 – 0,5 m/s
Durada	màxim 35 dies	fins a 3 setmanes	a partir de 3 setmanes

Per garantir un control òptim del procés de maduració, és imprescindible mesurar els paràmetres amb dispositius adequats: termòmetres digitals i registradors de dades automàtics per a la temperatura; sondes o higròmetres integrats en els mateixos registradors de la temperatura per a la humitat; i anemòmetres per al flux d'aire. Aquests equips han de col·locar-se en punts estratègics de la cambra, permetre el registre continu i sotmetre's a programes de calibratge periòdic per assegurar la fiabilitat de les mesures.

És important registrar les condicions ambientals mitjançant dispositius independents del sistema del propi equip de maduració, també verificats i calibrats periòdicament. Per obtenir una lectura representativa, cal distribuir diversos sensors en diferents zones de la cambra. Igualment, és convenient recollir dades que relacionin la temperatura ambiental amb la temperatura superficial de les peces, atès que la normativa vigent es centra en la temperatura superficial de les peces madurades (Figura 2).

Es recomana efectuar un mapatge tèrmic i de la humitat relativa a la cambra de maduració per identificar zones fredes, calentes, humides i seques (Figura 7).

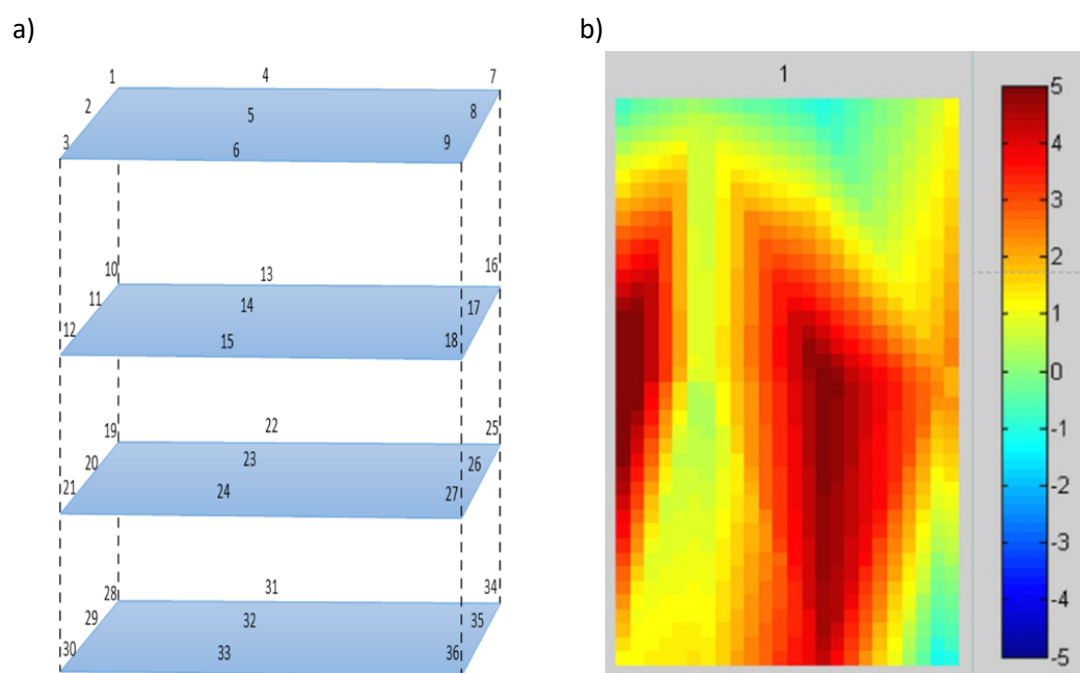


Figura 7. Exemple de la distribució de sensors (a) i mapa tèrmic (b) elaborat a una cambra de maduració comercial configurada a 2 °C.

El procediment consisteix en la col·locació estratègica de registradors de temperatura i humitat relativa, degudament calibrats, en diferents punts de la cambra, formant una malla tridimensional que cobreixi zones altes, baixes, centrals i properes a portes o parets (Figura 7a). Els sensors han de registrar temperatura i humitat relativa durant un període representatiu propi de cada cambra de maduració, incloent-hi condicions normals i possibles variacions derivades d'accions com l'obertura de portes, cicles de desgebrament periòdics, etc. Un cop recollides les dades, aquestes s'analitzen per generar mapes de calor que permeten identificar variacions significatives i zones amb risc (Figura 7b). El mapa resultant facilita l'ajust del flux d'aire i/o la distribució de la carn durant el procés de maduració per ajustar-se a les necessitats de cada peça.

La Taula 8 mostra les consideracions imprescindibles i recomanables sobre les condicions ambientals per produir carn madurada.

Taula 8. Consideracions sobre les condicions ambientals per produir carn madurada.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Ajustar els paràmetres ambientals a la durada de la maduració, segons l'estratègia definida i validada (vegeu apartat 3). • Enregistrar la temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire amb una sonda externa calibrada. Identificar anomalies de funcionament i corregir-les.	• Conèixer el funcionament la cambra de maduració per a identificar zones fredes/calentes, seques/humides i zones amb major o menor velocitat de l'aire, permetent així col·locar les peces dins la cambra i, en cas necessari, redistribuir-les de manera estratègica per facilitar el desenvolupament correcte de les peces. • A l'inici de la maduració, aplicar un flux d'aire més elevat per facilitar el desenvolupament ràpid de la crosta i reduir l'a_w a la superfície de les peces⁹. Alternativament, col·locar les peces en les zones amb major circulació de l'aire i menor humitat relativa per facilitar un assecat inicial ràpid.

2.2.7 t: temps de maduració

Segons el dictamen de l'EFSA que avalua la seguretat microbiològica de la carn madurada (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023), el procés de maduració ha de ser tant curt com sigui possible per aconseguir les propietats organolèptiques desitjades, minimitzant així el possible creixement de microorganismes patògens i de deteriorament.

El Reglament delegat (UE) 2024/1141, limita el temps de maduració, establint un màxim de 35 dies a temperatura ≤ 3 °C, humitat relativa $\leq 85\%$ i velocitat de l'aire entre 0,2 i 0,5 m/s. Tanmateix, contempla la possibilitat d'allargar el procés sempre que es validi i es garanteixi un nivell de seguretat microbiològica de la carn equivalent, a satisfacció de l'autoritat competent (vegeu apartat 3).

Segons el Reglament delegat (UE) 2024/1141, la maduració comença un cop finalitzat el període d'estabilització després del sacrifici. Aquest període es relaciona amb diversos processos fisiològics (Honikel 2014) i de baixada de temperatura:

- Establiment del *rigor mortis*: és un procés gradual, que comença típicament entre 6 i 12 h després del sacrifici. Consisteix en un augment de la tensió muscular deguda a la manca d'ATP, que impedeix la separació dels enllaços actina-miosina i provoca una contracció permanent del múscul. La seva durada és variable segons l'espècie, la raça, l'edat, però generalment es completa entre les 24 i les 48h post mortem.
- Descens del pH muscular: Durant les primeres 24 hores post mortem, el pH baixa de valors propers a 7,0 fins a 5,5-5,7, a causa de l'acumulació d'àcid làctic derivat del metabolisme anaeròbic del glucogen residual.
- Refredament de la canal: la temperatura interna de la canal o peça ha d'arribar als 7 °C.

Cada operador haurà de definir quin és el punt final del període d'estabilització (normalment entre 24 i 48 h post mortem), que marcarà l'inici del seu procés de maduració.

La Taula 9 recull les consideracions més rellevants sobre la durada del procés de maduració.

Taula 9. Consideracions sobre la durada del procés de maduració.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Ajustar el temps de maduració al mínim necessari per obtenir les característiques organolèptiques desitjades. • No superar el temps de procés validat.	• Definir el criteri per al còmput dels dies de maduració i establir-lo al diagrama de flux del procés de producció de carn madurada. Alternativa: Establir un interval en el còmput de dies de maduració ja que segons les característiques de la matèria primera, procés, etc., hi pot haver lleugeres variacions en la durada del procés. Incloure en el diagrama de flux del procés.

2.3 Evolució de les característiques sensorials durant la maduració

El procés de maduració de la carn comporta una transformació progressiva de les seves propietats sensorials, especialment pel que fa a la tendresa, la mastigabilitat i el desenvolupament dels aromes i sabors característics. Aquestes modificacions són el resultat de l'acció combinada de mecanismes bioquímics, físico-químics i, en alguns casos, microbiològics que tenen lloc al llarg del temps de maduració.

Durant les primeres setmanes (aproximadament fins els 15-20 dies), l'aspecte més destacat és la millora de la tendresa. Aquesta s'explica principalment per l'activitat d'enzims endògens, com les calpaïnes i les catèpsines, que degraden progressivament les estructures proteiques del teixit muscular (Puolane *et al.*, 2014). Aquesta proteòlisi redueix la força necessària per tallar o mastegar la carn i contribueix a una percepció més suau i agradable en boca.

Quan la maduració s'allarga, els canvis sensorials s'orienten cap al desenvolupament d'aromes i sabors més complexos i diferenciats. L'oxidació controlada dels lípids, la fragmentació de proteïnes i la formació de petits pèptids i compostos volàtils contribueixen a perfils aromàtics més intensos i profunds, típics de la carn madurada. Tot i que per a l'aparició d'aquests aromes característics no és imprescindible la participació de fongs superficials, alguns estudis recents han descrit soques que podrien contribuir-hi favorablement en casos concrets (Jaworska *et al.*, 2025).

Tanmateix, l'ús de fongs com a eina per potenciar aromes comporta riscos importants: la falta de control en la selecció d'espècies i soques pot afavorir el creixement de fongs indesitjables o potencialment productors de micotoxines, així com defectes sensorials no desitjats. A més, les condicions ambientals que en faciliten el desenvolupament —com humitats elevades o manca de renovació d'aire— poden incrementar el risc microbiològic i comprometre la seguretat del producte (Ribeiro *et al.* 2025). Per això, qualsevol estratègia basada en microorganismes superficials ha de ser rigorosament validada i aplicada sota condicions estrictament controlades.

En conjunt, la maduració prolongada potencia característiques sensorials que diferencien clarament la carn madurada de la carn fresca, tot conferint-li un valor gastronòmic singular i una experiència organolèptica més rica i complexa.

2.4 Finalització del procés de maduració: polit de les peces

La durada de la maduració s'estableix en base als objectius organolèptics establerts per l'operador carni, i ha de correspondre amb el temps validat en el seu procediment. Un cop assolit el període previst, es realitza l'operació polit, que consisteix en retirar la crosta externa deixar la peça apta per la comercialització i consum.

La crosta que es forma durant la maduració en sec és resultat del procés d'assecat superficial i de l'oxidació. Aquesta capa està formada per zones deshidratades i pot presentar una càrrega microbiana elevada (bacteris, fongs i llevats). El polit permet eliminar aquest teixit extern, però l'efecte sobre la càrrega microbiana de la peça dependrà directament de les pràctiques de manipulació aplicades.

L'efecte sobre la càrrega microbiana depèn de les pràctiques de manipulació: si es realitza correctament, es minimitza el risc de transferir contaminació externa a l'interior de la peça. Tot i això, la reducció és limitada, per la qual cosa caldrà extremar les condicions higièniques de manipulació per evitar contaminacions creuades (Gowda *et al.*, 2022).

Atesa la importància d'aquesta etapa i el seu impacte en la seguretat del producte, resulta molt important aplicar unes pautes de manipulació rigoroses que garanteixin el control microbiològic i la integritat de la peça. En aquest sentit, es recomana seguir bones pràctiques durant el polit següents (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023):

- Realitzar-lo immediatament després de retirar la peça de la cambra, evitant perforar la carn sota la crosta.
- Dur a terme l'operació en una zona separada de les àrees destinades a carn fresca.
- L'àrea de polit ha d'estar climatitzada per evitar contaminacions creuades i disposar d'equipament específic mantingut en condicions higièniques.
- La crosta seca no s'ha d'utilitzar per a altres productes, ja que conté la major part de la contaminació microbiana, excepte si se sotmet a tractaments com calor o altes pressió per eliminar microorganismes patògens.

Tot i aplicar bones pràctiques, aquesta etapa continua comportant determinats punts crítics que cal tenir en compte. Per aquest motiu, es destaquen a continuació els principals riscos i recomanacions associats al polit:

- El polit pot comportar un augment o una disminució de la càrrega microbiana segons les pràctiques aplicades.
- Amb una manipulació higiènica, es minimitza el risc de transferir contaminació externa a l'interior de la peça.

03

Validació de la seguretat del procés de producció de carn madurada

La Figura 8 il·lustra el diagrama de flux sobre la el procediment de validació de les condicions de producció de la carn de boví madurada en sec. Quan la maduració es du a terme aplicant les condicions indicades en el Reglament delegat (UE) 2024/1141 es considera que el procés és segur, i no suposa un risc microbiològic superior al de la carn fresca d'acord amb l'avaluació realitzada per EFSA (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023)¹⁰. En aquest escenari cal assegurar mitjançant els procediments de vigilància (monitorització) i verificació (vegeu apartat 4) que les mesures de control del procés de maduració s'estan implementant correctament, és a dir, que se situen dins els límits establerts.

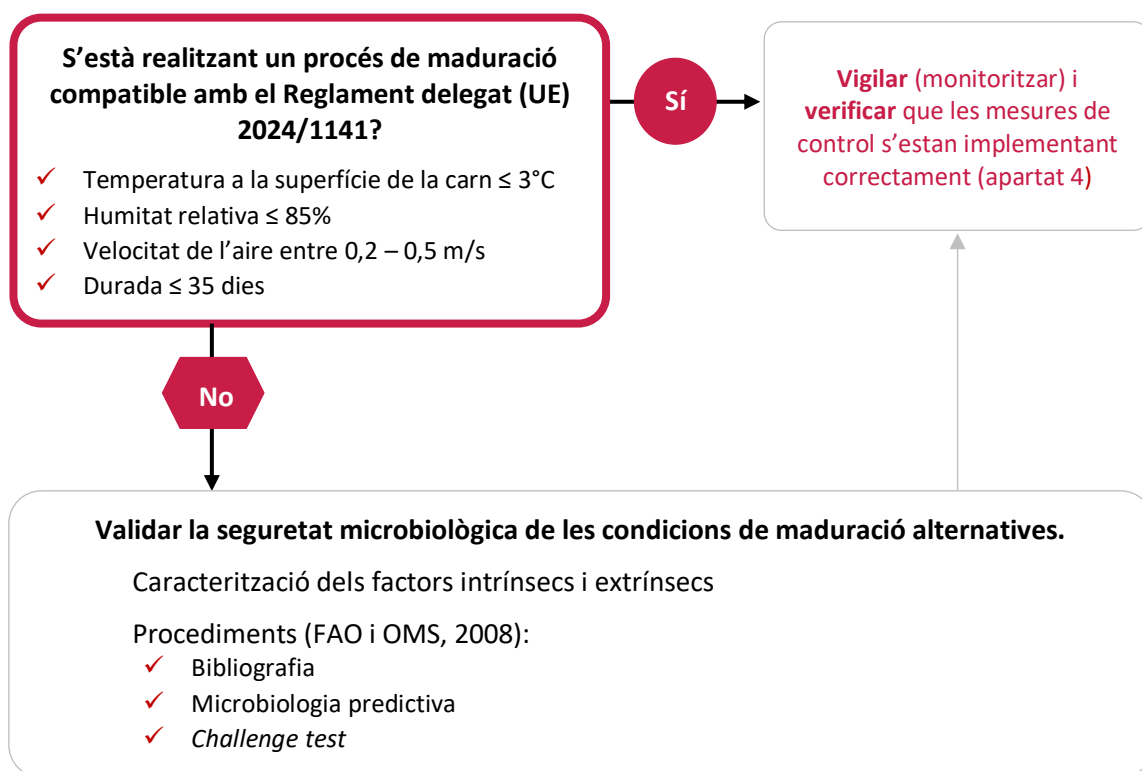


Figura 8. Arbre de decisió per determinar com procedir per garantir la seguretat microbiològica de la carn de boví madurada en sec a través del procés de maduració.

Si s'aplica un procés de maduració amb condicions diferents o s'allarga més del que estableix el Reglament delegat (UE) 2024/1141 cal validar-ne la seguretat microbiològica. La validació consisteix en recollir i avaluar informació científica, tècnica i experimental per determinar si les mesures de control són capaces d'aconseguir el control del/s perill/s rellevant en el nivell desitjat (vegeu apartat 2.1.2), generalment anomenat "criteri de funcionament"¹¹.

¹⁰ En base a l'aplicació de la microbiologia predictiva i el recull de resultats experimentals disponibles sobre el comportament de *L. monocytogenes*, considerant un escenari de valors pH i a_w de la carn intermedis (i.e., pH = 5,85; a_w = 0,955), es conclou amb un 80–90% de certesa que durant la maduració en sec de carn de boví durant 35 dies a 3 °C, l'increment logarítmic de la concentració de *Listeria monocytogenes* no és superior als 2 log₁₀ assumit per la "carn fresca estàndard". Aquesta temperatura, amb una humitat relativa de 75-85% i un flux d'aire a 0,2-0,5 m/s, són condicions que prevenen la producció de micotoxines durant al menys 35 dies (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023).

¹¹ "Criteri de funcionament" es defineix com l'efecte en freqüència i/o concentració d'un perill en un aliment que s'ha d'aconseguir mitjançant l'aplicació d'una o més mesures de control per garantir l'objectiu de seguretat alimentària.

En el cas del procés de maduració en sec de la carn el microorganisme patògen rellevant que EFSA estableix com a referència en carn madurada en sec és *Listeria monocytogenes*, juntament amb *Yersinia enterocolitica* en porc; ambdós són bacteris patògens psicrotròfics que poden créixer en les condicions de refrigeració pròpies de la maduració de la carn ($\leq 3^{\circ}\text{C}$). *Pseudomonas* spp. es considera el principal grup microbià responsable de l'alteració de la carn madurada en condicions aeròbies (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023).

No existeix un "criteri de funcionament" legalment establert pels microorganismes rellevants identificats; en conseqüència, s'ha d'establir i justificar com a part de l'estudi de validació del procés de maduració en sec de la carn com a mesura de control dins el pla APPCC.

Les empreses alimentàries poden utilitzar diferents procediments per validar el procés de maduració. Es tracta principalment de la literatura científica, la microbiologia predictiva, els assajos experimentals o la seva combinació (FAO i OMS, 2008) (Figura 8, Taula 10).

Taula 10. Procediments per a la validació de les condicions alternatives per produir carn madurada en sec.

Bibliografia científica

Articles científics, informes, guies, etc.

Permet obtenir informació sobre el comportament dels patògens en carn madurada a partir d'estudis científics on les condicions de maduració i característiques de la carn són equivalents a les objecte de validació.

Cal determinar si la informació recopilada és representativa i suficient per justificar la seguretat de les condicions de maduració alternatives que es volen validar.

Microbiologia predictiva

Aplicació de models matemàtics per predir el comportament dels patògens.

Permet quantificar el comportament dels patògens rellevants en els aliments en funció dels factors intrínsecs (p. ex. pH, a_w de la superfície de la carn) i extrínsecs (p. ex. temperatura) caracteritzats durant el procés de maduració a validar.

Cal utilitzar models matemàtics validats o calibrats per a la matriu objecte d'estudi.

Challenge test

Assaigs experimentals per a l'estudi del comportament de patògens inoculats deliberadament en el producte en condicions controlades i instal·lacions biocontingudes.

Permet conèixer el comportament de patògens rellevants (principalment *L. monocytogenes*) durant el procés de maduració de la carn.

Cal definir i aplicar correctament els paràmetres del procés, que han de ser equivalents als del procés industrial i reproduir la corba d'assecat superficial de la carn, en condicions experimentals biocontingudes (p. ex. risc biològic 2 en el cas de *L. monocytogenes*).

3.1 Caracterització dels factors intrínsecs i extrínsecs

Prèviament a l'aplicació de qualsevol dels procediments de validació descrits en la Taula 10, és necessària la caracterització exhaustiva dels factors intrínsecs de la carn durant la maduració, en particular l'evolució del pH i el perfil d'assecat en termes d' a_w superficial de la carn durant la maduració en condicions industrials. Per aquest fi, es realitzaran mesures analítiques de pH i a_w de diverses mostres (en diferents posicions dins la cambra de maduració) i diferents lots de producció per tal de conèixer la variabilitat associada al procés i la carn, i es seleccionaran valors conservadors (els més favorables al creixement microbià) per procedir amb la validació.

També cal conèixer la variabilitat en relació a la temperatura i la humitat relativa, tant de les diferents localitzacions de la cambra de maduració (mapa tèrmic i d'humitat relativa; apartat 2.2.6) com les possibles oscil·lacions durant la maduració.

3.2 Bibliografia científica

Els relativament pocs estudis disponibles sobre comportament de microorganismes patògens durant la maduració en sec de carn, focalitzats en carn de boví (Taula 19-Annex), indiquen que la maduració en sec pot reduir la supervivència de patògens com *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 i *L. monocytogenes*. Aquesta reducció s'associa principalment a la deshidratació superficial i conseqüent disminució de l'activitat d'aigua (a_w) durant el procés. L'efecte no és uniforme i depèn de factors com el tipus de múscul, les condicions ambientals aplicades i el temps de maduració. No obstant, els estudis demostren que en determinades condicions patògens psicròtrofs com *L. monocytogenes* o *Y. enterocolitica* poden créixer durant la maduració en sec.

Tanmateix, la majoria dels estudis publicats no mostren informació detallada rellevant (p. ex. velocitat de l'aire i registre de temperatura i humitat relativa, l'evolució de l' a_w superficial de la carn) amb la qual cosa no és possible conèixer si les condicions aplicades són equivalents i representatives de les condicions alternatives a validar. Per aquest motiu, en el moment d'elaborar aquesta guia, la bibliografia científica no és un procediment prou robust per validar la seguretat de les condicions de maduració de la carn alternatives a les indicades per el Reglament delegat (UE) 2024/1141.

3.3 Microbiologia predictiva

El model predictiu del comportament del microorganisme a estudiar ha de ser adequat al propòsit, és a dir que consideri com a factors predictius les característiques clau de la matriu càrnia (p. ex. el pH i sobretot l' a_w) i la temperatura.

És important que el model predictiu s'hagi validat o calibrat per carn, com per exemple el model de creixement per *L. monocytogenes* utilitzat en l'avaluació realitzada per EFSA sobre la seguretat de la maduració de la carn (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023). En canvi, en el moment d'elaborar aquesta guia, no existeixen models predictius validats d'inactivació microbiana aplicables a la maduració de la carn.

A més d'avaluar el comportament dels patògens en les condicions de maduració definides a l'estratègia de maduració tenint en compte els factors intrínsecs i extrínsecs que se'n deriven

(apartat 3.1), la microbiologia predictiva també permet simular altres escenaris per entendre l'efecte que possibles modificacions del procés de maduració (p. ex. oscil·lacions de temperatura, velocitat en la disminució de l' a_w superficial de la carn, etc.) i afinar l'estratègia tecnològica de maduració.

La selecció, l'aplicació i la interpretació dels resultats dels models predictius per avaluar el comportament de patògens durant la maduració i validar la seguretat microbiològica del procés l'ha de fer personal expert i experimentat en l'ús i aplicació d'aquestes eines.

3.4 Assajos d'inoculació (*challenge test*)

Els assajos d'inoculació s'han de dur a terme seguint les directrius establertes pels estàndards ISO 20972-1, quan l'objectiu és avaluar el potencial de creixement, o la ISO 20972-2 si es vol quantificar el potencial d'inactivació dels microorganismes rellevants associats al procés de maduració de carn. Aquests assajos, que impliquen inoculació controlada amb patògens degudament seleccionats, requereixen treballar sota condicions de biocontenció adequades al nivell de risc (p. ex. nivell 2 per a *L. monocytogenes*) i amb personal qualificat.

Un dels principals reptes en un assaig d'aquest tipus és reproduir, en condicions de biocontenció, les condicions reals de maduració en sec, en termes de temperatura i humitat relativa, així com la corba d'assecat i reducció d' a_w superficial de la carn, d'acord amb la informació obtinguda en la caracterització del procés en les instal·lacions industrials (apartat 2.2.6 i 3.1). Per això, el laboratori o planta pilot ha de disposar d'una cambra amb capacitat de regular i enregistrar la temperatura (ambiental i a la superfície de la carn), la humitat relativa i la velocitat de l'aire. Per tal de fer el seguiment de l' a_w superficial al llarg del procés s'han de planificar mostrejos amb la freqüència suficient per obtenir evidències sobre l'equivalència amb la corba d'assecat del procés industrial.

Al llarg de l'assaig d'inoculació també caldrà fer un seguiment sistemàtic de paràmetres senzills d'avaluació sensorial i fisicoquímica —com ara l'evolució de la duresa i aspecte de la crosta, el color superficial o l'olor característica (vegeu apartat 4.2)—, que siguin fàcilment observables durant la producció. L'evolució d'aquests paràmetres en les produccions de carn madurada comercial haurà de ser equivalent a la registrada durant l'assaig de validació, el que indicarà que el procés s'està desenvolupant de la manera prevista.

04

Seguiment i verificació del procés de maduració

El procés de maduració requereix un control rigorós de l'aplicació de les condicions de maduració validades i el manteniment dels paràmetres crítics dins els límits establerts que garanteixen la seguretat alimentària i la qualitat organolèptica del producte final. Es tracta de procediments de monitorització a temps real i de verificació *a posteriori* de les mesures de control del pla APPCC (vegeu definicions a la Taula 2, apartat 2.1.2)

Per aconseguir-ho, és essencial establir protocols de seguiment de les condicions ambientals, l'evolució de les peces i l'estat de les instal·lacions. Els procediments de monitorització i verificació de les condicions ambientals, les peces i de les instal·lacions els han de realitzar personal qualificat degudament format, capacitat per identificar desviacions i aplicar les mesures correctores necessàries.

4.1 Seguiment de les condicions ambientals

El control de les condicions ambientals de la cambra de maduració és important per evitar desviacions que puguin comprometre la seguretat i qualitat del procés. Els paràmetres clau són la temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire, ja que influeixen directament en la pèrdua d'aigua, la formació de crosta i el risc de creixement microbià (apartat 2.2.6)

La monitorització d'aquests paràmetres s'ha de realitzar en tots els lots de carn madurada. La temperatura i la humitat relativa⁹ son punts de control crític (PCC) i cal controlar-los de manera contínua o amb una freqüència suficient per detectar desviacions respecte als límits establerts en la validació del procés i aplicar les accions correctores (Taula 11). Les mesures es fan amb termòmetres i higròmetres, preferentment amb enregistradors automàtics estratègicament col·locats dins la cambra, per facilitar la traçabilitat. Els equips de mesura s'han de calibrar i verificar periòdicament per assegurar la fiabilitat de les dades obtingudes. La revisió dels registres s'ha de dur a terme per personal qualificat, degudament format per interpretar les dades i detectar desviacions de manera fiable.

Pel que fa a la velocitat de l'aire, si bé és un dels paràmetres tecnològics pel qual el Reglament delegat (UE) 2024/1141 estableix un interval d'aplicació⁹, la mesura amb anemòmetre està subjecte a molta variabilitat segons la ubicació i orientació de l'instrument dins la cambra, fet que dificulta l'obtenció de dades fiables. Per aquest motiu, cal establir els punts de mesura concrets, la col·locació de l'anemòmetre i la freqüència. Es recomana mesurar la velocitat de l'aire a la sortida de l'evaporador, en zones properes al producte exposades al flux d'aire i en zones arrecerades amb tendència a acumulació d'humitat.

És convenient disposar d'un sistema de control amb alertes automàtiques per detectar desviacions i aplicar accions correctores de forma immediata. Aquestes accions, definides al pla d'autocontrol, poden incloure l'ajust immediat de les condicions (sistema de refrigeració, humitat relativa, velocitat de l'aire). Si la desviació persisteix i s'observa afectació a les peces caldrà el seu aïllament o retirada.

Totes les incidències s'han de registrar, confirmant la recuperació de les condicions un cop aplicades les mesures correctores i continuar la monitorització. Paral·lelament, s'ha de determinar la causa arrel i corregir-la per evitar recurrències.

Taula 11. Relació de punts de control crític (PCC) a monitoritzar i verificar durant el procés de maduració en sec de la carn, freqüència de control i accions correctores en el marc del sistema d'autocontrol.

PCC	Límit crític*	Freqüència de control	Acció correctora si se supera el límit crític
Temperatura superfície	• Temperatura màxima 2,0 °C (tolerància ± 1 °C). • Variacions curtes i justificades (p. ex. moviment de peces dins la cambra)	• Mesures diàries de la temperatura de la cambra de maduració amb termòmetre o registrador automàtic. • Evitar mesures immediatament després d'obrir la porta. • Registre en el formulari de control	• Ajustar la temperatura, verificar el funcionament de la cambra (desglaç evaporador). • Investigar la causa. • Si persisteix, retirar productes i transformar en productes cuits o destruir.
Humitat relativa	• Humitat relativa màxima: 80 % (tolerància ± 5 %). • Variacions a valors superiors només curtes i justificades.	• Control diari de la humitat relativa amb higròmetre o sonda de registre automàtic. • Evitar mesures immediatament després d'obrir la porta. • Registre en el formulari de control	• Ajustar la humitat, verificar el sistema, funcionament i flux d'aire. • Investigar la causa. • Si persisteix la desviació, retirar productes.
Durada	• Màxim 35 dies des del final de l'estabilització postsacrifici.	• Control diari del calendari. • Registre en el formulari de control	• Revisar planificació, si se supera retirar el producte.

* Valors recomanats per donar compliment a les condicions indicades en el Reglament delegat (UE) 2024/1141. En cas de condicions de maduració alternatives, l'operador és el responsable d'establir límits crítics alternatius d'acord amb els resultats de la validació del procés de maduració (vegeu apartat 1).

4.2 Seguiment de les peces

El seguiment de les peces és essencial per assegurar que la maduració evoluciona correctament i que el producte compleix els requisits de qualitat i seguretat. Aquest seguiment ha d'incloure l'avaluació visual periòdica per verificar la formació adequada de la crosta, l'absència de fongs, decoloracions o olors anormals, així com la comprovació del compliment de les bones pràctiques d'higiene en la manipulació de les peces.

A més del control visual, cal establir criteris de seguiment físics (pes i evolució de les pèrdues per deshidratació), fisicoquímics (pH, activitat d'aigua) i sensorials (olor, color, aspecte), així com la verificació microbiològica. Els protocols han de definir de manera clara quins paràmetres s'han

de mesurar, els mètodes utilitzats, la freqüència de les mesures i la traçabilitat dels registres, així com els instruments necessaris. Aquests instruments han d'estar degudament calibrats i verificats (Taula 12).

Taula 12. Relació de paràmetres d'interès per fer seguiment (monitoritzar i verificar) de les peces durant el procés de maduració.

Paràmetre de control	Finalitat
Pes	Permet monitoritzar la pèrdua de pes associada a l'assecat i avaluar l'eficiència del procés (Figura 9).
Activitat d'aigua superficial (a_w)	És un paràmetre indicador de l'assecat superficial i determinant del risc de creixement microbiològic. El seu seguiment ajudarà a ajustar la humitat relativa i velocitat de l'aire per afavorir l'assecat i reduir el potencial de creixement microbià. El mostreig superficial i mesura de l' a_w presenta certa complexitat, per la qual cosa pot ser convenient utilitzar mètodes no destructius degudament validats que, alhora, facilitarien el seguiment a temps real.
Color superficial	Indica l'evolució de l'assecat i la formació de la crosta. Pot mesurar-se amb instruments (valors objectius) o mitjançant inspecció visual.
Inspecció visual	Aspecte general [p. ex. 1. Aspecte fresc; 2. Inici crosta; 3. Crosta formada (indicador d'assecat avançat); 4. Crosta humida (no desitjable); 5. Crosta seca] Presència de fongs (si/no) Presència de fongs (% de superfície afectada)
Inspecció tàtil	Duresa de la crosta (pressió amb el dit polze) [p. ex. 1. Carn fresca; 2. Es detecta una capa molt fina de crosta; 3. Duresa superficial intermèdia; 4. Duresa superficial alta; 5. Duresa superficial molt alta]
Inspecció olfactiva	Intensitat d'olor a carn fresca: indicador de la frescor inicial. [p. ex. 1. No es percep l'olor de carn fresca ... 5. Carn fresca molt intensa] Intensitat d'olor a madurat (indicador del progrés de maduració). [p. ex. 1. Absència d'olor a madurat, ... 5. Olor a madurat molt intens] Presència d'olors anormals: detecta possibles alteracions o contaminacions. [p. ex. 1. Absència d'olor a madurat, ... 5. Olor a madurat molt intens]
Recomptes microbiològics (indicadors)	Requereix de l'aplicació de plans de mostreig adequats al propòsit (verificació del procés i/o del producte final) per verificar la qualitat higiènica.
Detecció de patògens	Requereix de l'aplicació de plans de mostreig adequats al propòsit (verificació del procés i/o del producte final) per verificar la seguretat microbiològica.

La Figura 9 mostra la metodologia de càlcul dels diferents rendiments relacionats amb el procés de maduració en sec. A partir del pes de la peça inicial (A), el pes de la peça madurada (B) s'obté el rendiment de maduració (RtM), que reflecteix la pèrdua d'aigua (D) derivada principalment de l'assecat i del desenvolupament de la crosta. Posteriorment, un cop madurada la carn i després d'eliminar la crosta amb el polit de la peça (retalls, E) s'obté el pes de la peça polida (C). Aquest últim pes permet calcular el rendiment del polit (RtP), que quantifica el percentatge de carn que es conserva després d'aquesta etapa. Finalment, la relació entre el pes de la peça polida (C) i el pes de la peça inicial (A) defineix el rendiment vendible (RtV), que representa la proporció de carn madurada realment comercialitzable.

El conjunt d'aquests tres rendiments permet caracteritzar de manera completa l'eficiència del procés de maduració, identificant tant les pèrdues associades a l'assecat —que poden orientar l'ajust de les condicions ambientals— com les pèrdues relacionades amb el polit final.

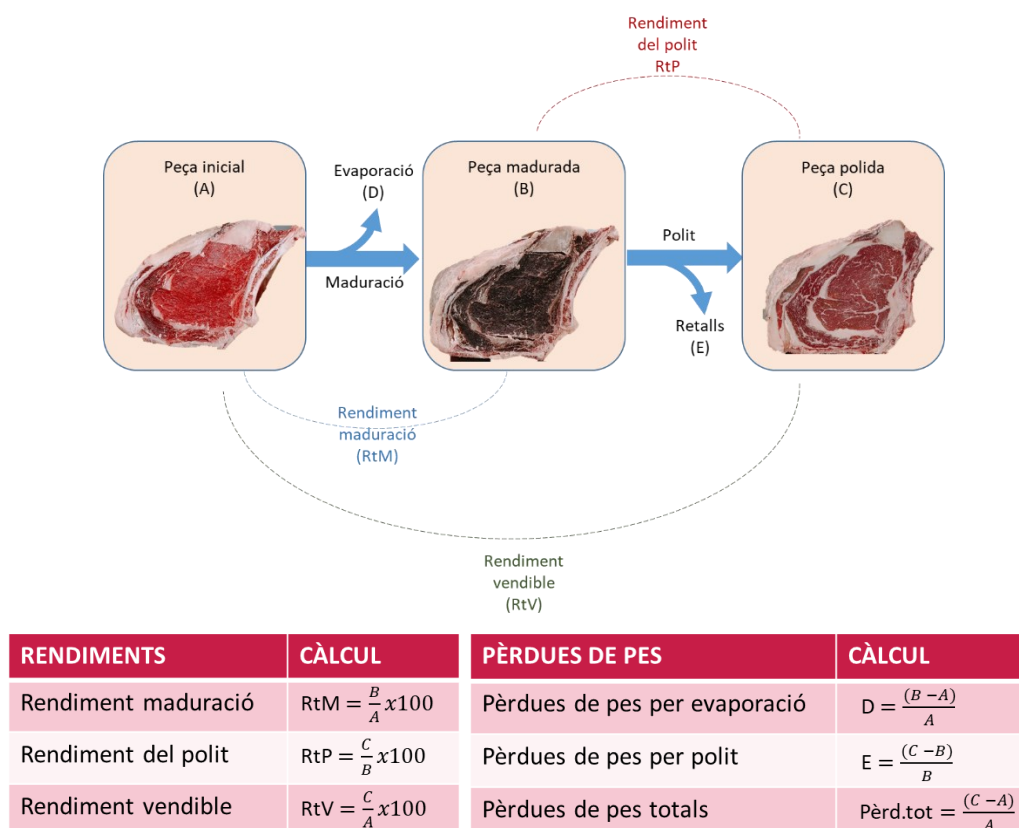


Figura 9. Càlcul dels rendiments associats al procés de maduració.

Per a verificar si el procés de maduració s'està realitzant correctament des de la perspectiva d'higiene, inclosa la qualitat de la matèria primera i pràctiques de manipulació, cal fer anàlisis microbiològics periòdics del producte i l'ambient de processament. El Reglament (CE) 2073/2005 no estableix criteris microbiològics d'higiene de procés ni de seguretat alimentària específicament aplicables a la carn madurada. L'operador, en el marc del APPCC ha d'establir els paràmetres microbiològics rellevants a verificar en diferents etapes del procés i en la carn madurada final, així com la freqüència, el pla de mostreig (nombre d'unitats a analitzar i límits crítics d'acceptabilitat) i el mètode de mostreig (destructiu o no destructiu).

Existeixen algunes guies amb recomanacions específiques en relació a recomptes microbiològics per carn madurada en sec. Per exemple, el cas de la guia australiana, s'estableixen límits en les peces polides d'un màxim de 10 UFC/g per *E. coli* i 1000 UFC/g per *Enterobacteriaceae* (PrimeSafe, 2017). Tanmateix, no suggereixen el pla de mostreig a aplicar. Altres criteris microbiològics establerts per carn fresca de vedella en el moment de l'expedició per la comercialització són d'un màxim de 100 UFC/g per *E. coli*, 1000 UFC/g per *Enterobacteriaceae* i 10^6 UFC/g per aerobis mesòfils totals (MLA, 2016).

La Comissió Internacional d'Especificacions Microbiològiques dels Aliments (ICMSF, 2011), per carn fresca, suggereix utilitzar microorganismes indicadors d'higiene del procés per establir criteris aplicables al final del procés de fabricació (i.e. no apliquen als productes comercialitzats),

establint un valor de contaminació indicatiu per sobre del qual es requereixen mesures correctores per mantenir la higiene del procés. En concret, proposa verificar els recomptes d'*E. coli* amb un pla de mostreig¹² de $n=5$, $c=3$ i uns límits d'acceptabilitat¹³ de $m=10$ i $M=100$ UFC/g.

La Taula 13 resumeix la finalitat de l'anàlisi microbiològica en diferents punts del procés, el que permet obtenir dades sobre de la qualitat microbiològica de les peces i l'estat higiènic de l'ambient de processament, des de la recepció de la carn fresca fins a l'obtenció del producte final.

Taula 13. Relació de la informació que aporten els resultats de les anàlisis microbiològiques realitzades en diferents etapes o punts de mostreig del procés.

Punt de mostreig	Finalitat
Superfície de les peces fresques	Permetrà conèixer la qualitat microbiològica de les peces fresques, com la matèria primera.
Superfície de les peces durant la maduració (crosta)	Permetrà conèixer l'evolució del paràmetre microbiològic al llarg del procés de maduració i verificar si el procés evoluciona correctament.
Superfície de les peces polides	Permetrà conèixer si s'ha polit higiènicament, relacionant-ho amb els recomptes microbiològics observats a la crosta de les peces madurades.
Entrecots tallats	Permetrà verificar les bones pràctiques del procés de maduració i posterior manipulació (p. ex. envasat) i la qualitat higiènica del producte final.
Ambiental	En l'aire permetrà conèixer la qualitat microbiològica de l'aire de la cambra i verificar l'eficàcia dels filtres i/o sistema d'UV. En superfícies de contacte durant la maduració permetrà valorar la higiene i identificar fonts de contaminació creuada. En superfícies netes i desinfectades permetrà verificar l'eficàcia dels protocols de neteja i desinfecció i identificar nínxols de contaminació persistent.

L'avaluació sistemàtica de cada etapa —superfície de la peça fresca, crosta durant la maduració, peça polida, entrecots tallats i les superfícies i ambient de la cambra de maduració— proporciona informació essencial per verificar el correcte desenvolupament del procés, detectar possibles desviacions i mantenir les bones pràctiques d'higiene al llarg de tot el procés de producció. Aquest enfocament integral permet, a més, identificar possibles fonts de contaminació i avaluar l'eficàcia de les accions correctores aplicades. Aquest tipus d'anàlisi microbiològica es realitza periòdicament en punts crítics del procés i al final, com a eina de verificació en el marc de l'APPCC. S'ha d'establir una freqüència de mostreig basada en el risc. Aquest enfocament permet optimitzar recursos sense comprometre la seguretat del procés de maduració.

¹² n : nombre d'unitats que componen la mostra a analitzar d'un lot; c : nombre màxim d'unitats de mostreig que són marginalment acceptables (donen valors entre m i M).

¹³ m : separa els nivells acceptables dels marginalment acceptables; M : indica el límit entre els nivells marginalment acceptables i els inacceptables.

Accions en cas de detectar creixement de fongs a la superfície de les peces durant el procés de maduració

Alguns fongs tenen la capacitat de produir micotoxines. A causa de la dificultat de controlar el tipus de fong que pot desenvolupar-se durant el procés de maduració és important minimitzar el risc de contaminació i creixement de fongs. En aquest sentit, cal establir mesures preventives basades en les bones pràctiques higièniques i aplicar les condicions ambientals per controlar el creixement fúngic, tant a les peces com a les superfícies de la cambra de maduració (Taula 14).

En cas de detectar la presència de fongs, cal retirar les peces afectades de la cambra per evitar contaminacions creuades, valorar si es poden sanejar (e.g. retallant la zona afectada) o si, pel contrari, cal descartar-les.

En qualsevol cas, cal identificar les possibles causes que han derivat en la presència de fongs i aplicar accions correctores immediatament, d'acord amb el que s'indica a la Taula 14.

4.3 Seguiment de l'estat de les instal·lacions

El bon estat de les instal·lacions és clau per mantenir unes condicions higièniques i tècniques adequades durant la maduració. El seguiment periòdic ha d'incloure inspeccions visuals i olfactivas per detectar anomalies com condensacions, presència de floridures, acumulació de brutícia o olors anormals. Aquest seguiment complementa el control ambiental i permet actuar de manera correctiva davant desviacions incipients (Taula 15).

És imprescindible mantenir un programa regular de neteja i desinfecció de la cambra de maduració, assegurant que totes les superfícies, equips i elements en contacte amb l'ambient de la cambra es troben en condicions òptimes. La higiene correcta de les instal·lacions és clau per prevenir contaminacions i garantir la seguretat del producte final (vegeu apartat 6).

És igualment important disposar d'un pla de contingència que estableixi com actuar en cas d'avaría de la cambra de maduració, assegurant la protecció del producte i la continuïtat del procés. La definició d'aquest pla ha d'anar acompanyada d'un sistema d'alarmes o alertes automàtiques que permetin detectar anomalies en el funcionament de la instal·lació (com pujades de temperatura, fallades de ventilació o increments sobtats d'humitat), facilitant una resposta ràpida per part del personal responsable.

Taula 14. Principals causes de creixement de fongs i accions correctores després d'identificar i aïllar les peces afectades.

Causes	Accions correctores
Humitat relativa elevada (>70%)	▪ Ajustar la humitat relativa (< 70%) ▪ Continuar la monitorització de la humitat relativa per confirmar que està sota control ▪ Revisar la verificació i calibratge dels instruments de mesura
Ventilació insuficient	▪ Incrementar la velocitat de l'aire ▪ Assegurar una circulació homogènia dins la cambra
Temperatura superior al límit crític (> 3 °C)	▪ Ajustar i mantenir la temperatura de la cambra d'acord amb les condicions validades (< 3 °C). ▪ Continuar la monitorització de la temperatura per confirmar que està sota control ▪ Revisar la verificació i calibratge dels instruments de mesura
Contaminació ambiental: aire i superfícies de la cambra de maduració	▪ Aplicar tractament amb llum UV o filtrar l'aire de la cambra de maduració⁹ ▪ Verificar la qualitat de l'aire. Revisar els registres de verificació (anàlisi de la tendència) ▪ Inspeccionar visualment per localitzar i eliminar restes de matèria orgànica de dins la cambra de maduració ▪ Eliminar condensacions dins la cambra de maduració. Evitar que tornin a aparèixer millorant la ventilació ▪ Netejar i desinfectar superfícies, parets i dispositius de l'interior de la cambra de maduració (p. ex. l'evaporador i les sondes dels enregistradors de temperatura i humitat relativa) ▪ Fer mostres per analitzar microbiològicament les superfícies de dins la cambra de maduració. Revisar els registres de verificació (anàlisi de tendència)
Contaminació inicial de la carn	▪ Seleccionar matèria primera procedent de proveïdors homologats ▪ Verificar periòdicament la qualitat higiènica (presència i nivells de fongs) a la recepció de la carn
Manipulació inadequada	▪ Formar el personal en bones pràctiques d'higiene i manipulació. ▪ Netejar i desinfectar el material i estris utilitzats per la manipulació de la carn. ▪ Verificar l'estat del vestuari, material i estris.
Durada excessiva del procés	▪ (Re)validar i verificar el temps de maduració.

Taula 15. Relació de paràmetres d'interès per fer seguiment (monitoritzar i verificar) de les instal·lacions durant el procés de maduració.

Paràmetre de control	Finalitat
Inspecció visual	Permet identificar causes de possibles anomalies del procés de maduració. Aspectes rellevants a valorar: - absència de zones humides, - absència d'aigua estancada, - absència de condensacions, - absència de fongs a les estructures, - separació suficient entre peces, etc.
Inspecció olfactiva	Permet identificar processos anormals de maduració. La presència d'olors anormals indiquen desviacions de les condicions de la matèria primera i/o del procés (p. ex. condicions ambientals descontrolades)

05

Manipulació higiènica de les peces

Tot i que el Reglament delegat (UE) 2024/1141 estableix que el polit de les peces madurades s'ha de fer de forma higiènica, el dictamen de l'EFSA publicat prèviament recomana que es dugui a terme en un espai separat del destinat a la manipulació de carn fresca. (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023).

Per tant, l'operador hauria de disposar d'espais refrigerats, a una temperatura màxima de 12 °C, i físicament separats en cada una de les fases del procés de maduració:

- Preparació de les peces fresques: manipular peces fresques (abans de madurar),
- Polit de les peces madurades manipular peces madurades durant el polit,
- Preparació de la carn madurada i polida en el format de comercialització: manipular peces un cop polides (p. ex. tallar i envasar).

Si no és possible disposar d'espais diferenciats, cal aplicar una neteja i desinfecció de les superfícies de manipulació i estris. També es recomana un canvi de vestuari entre etapes.

Els retalls obtinguts en finalitzar la maduració (crostes i restes del polit) no s'han d'utilitzar per la preparació d'altres preparats o productes carnis, a no ser que es sotmetin a tractaments tèrmics o d'alta pressió validats per eliminar la contaminació per patògens (EFSA BIOHAZ *et al.*, 2023).

La Taula 16 recull les consideracions més rellevants sobre la manipulació higiènica de les peces al final del procés de maduració.

Taula 16. Consideracions sobre la manipulació higiènica de les peces.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Realitzar el polit de manera higiènica per evitar contaminacions creuades⁹. • Realitzar el polit en superfícies i amb estris nets i desinfectats. • Respectar els procediments d'higiene.	• Definir un protocol específic de manipulació abans i després de la maduració, durant el polit, durant el llescat i envasat final que permeti minimitzar el risc de transferir contaminacions externes a l'interior de la peça, a més de minimitzar el risc de contaminacions creuades. • Realitzar el polit en un espai separat.

06

Neteja i desinfecció

Les operacions de neteja i desinfecció formen part del pla de prerequisits del sistema de gestió de la seguretat alimentària. Tenen per objectiu garantir la higiene de les superfícies que entren en contacte amb la carn i mantenir l'entorn de treball (parets, terra, aire, etc.) en condicions adequades.

També és important que el sistema de refrigeració de l'aire tingui components que es puguin netejar i desinfectar de manera fàcil i efectiva. A més, en cas de disposar de filtres, s'han d'incloure al pla de manteniment per a revisar-los i canviar-los anualment.

A la Taula 17 es llisten les principals consideracions a tenir en compte en relació a la neteja i desinfecció de les instal·lacions. A la Figura 10 s'inclouen els elements bàsics per elaborar un protocol de neteja i desinfecció de la cambra de maduració.

Taula 17. Consideracions sobre la neteja i desinfecció de les instal·lacions.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Aplicar procediments de neteja i desinfecció validats i verificar-los periòdicament. • Incloure la cambra de maduració, estructures d'emmagatzematge i estris al pla de neteja i desinfecció de l'empresa. • Netejar i desinfectar periòdicament components del sistema de refrigeració (ventiladors, reixetes, safates). • Registrar totes les operacions de neteja i desinfecció (incloent la cambra i els seus components). • Respectar les normes de vestuari per accedir a les instal·lacions. • Incloure la revisió i canvi anual de filtres al pla de manteniment. • Fer controls visuals periòdics per detectar acumulacions de matèria orgànica, fongs o brutícia.	• Utilitzar equips, inclosos els components del sistema de refrigeració, amb disseny higiènic. • Utilitzar sistemes de neteja a baixa pressió per minimitzar esquitxades i aerosols • Realitzar el procés de neteja minimitzant l'ús d'aigua per evitar aportar humitat innecessària a la cambra de maduració que podria desestabilitzar el procés.

Objectiu:
Garantir la higiene de les superfícies, equips i entorn de treball
Àmbit d'aplicació:
▪ Cambra de maduració ▪ Estructures d'emmagatzematge (prestatgeries, carros) ▪ Estris de manipulació (ganivets, taules) ▪ Components del sistema de refrigeració (ventiladors, reixetes, safates)
Freqüència
▪ Diària: Neteja en sec i verificacions visuals ▪ Setmanal: Neteja completa de superfícies i estris ▪ Entre lots: Desinfecció profunda de la cambra i estructures d'emmagatzematge ▪ Anual: Revisió i canvi de filtres del sistema de refrigeració
Procediment:
1. Preparació ▪ Aturar ventiladors abans de netejar amb aigua o nebulitzar. ▪ Retirar producte si es fa neteja amb aigua o desinfecció profunda. 2. Neteja en sec (diària) ▪ Desincrustar sòlids del terra amb un rascador. ▪ Recollir restes amb un raspall. ▪ Evitar l'ús d'aigua per minimitzar pujades en la humitat relativa. 3. Neteja amb aigua (només amb la cambra buida) ▪ Aplicar detergent (preparat i aplicat segons les instruccions del fabricant) on sigui necessari i esbandir utilitzant la mínima quantitat d'aigua possible. ▪ Eixugar l'excés d'humitat amb el material adequat. 4. Desinfecció ▪ Utilitzar desinfectants aptes per a indústria agroalimentària. Es poden utilitzar en format líquid o per nebulització, sempre seguint les instruccions del fabricant. ▪ Assecar amb bufador d'aire calent. ▪ Restaurar la temperatura i la humitat relativa abans de reintroduir producte. 5. Revisió d'equips: unitat de refrigeració ▪ Inspeccionar ventiladors, reixetes, safates. ▪ Netejar i desinfectar periòdicament. ▪ Canviar filtres anualment.
Verificacions i registres
▪ Registrar totes les operacions de neteja i desinfecció. ▪ Fer controls visuals periòdics per detectar superfícies humides i presència de fongs. ▪ Fer mostres microbiològics (prendre mostres segons ISO 18593) i/o no microbiològics (p. ex. ATP) ▪ Calibrar equips de monitoratge (temperatura, humitat relativa, velocitat de l'aire) segons el pla de manteniment.

Figura 10. Elements bàsics per elaborar el protocol de neteja i desinfecció de la cambra de maduració de carn en sec.

07

Comercialització de la carn madurada

La comercialització de carn madurada ha de permetre garantir la seguretat alimentària mentre es manté la qualitat organolèptica i la confiança del consumidor.

Aquest tipus de carn, sotmesa a un procés controlat de maduració, presenta característiques específiques que la diferencien de la carn fresca, com ara una textura més tendra i un sabor intens. Per això, és important establir protocols que assegurin la correcta conservació, etiquetatge, presentació i informació al client, complint sempre amb la normativa vigent i mantenint la traçabilitat del producte. És important dur a terme una comercialització responsable i segura, que reforci el valor afegir de la carn madurada al mercat.

7.1 Condicions de conservació i transport

La carn bovina madurada en sec, un cop polida, presenta una a_w i pH similars als de la carn fresca, és a dir favorable al creixement de microorganismes responsables de l'alteració i patògens. Factors com el temps i la temperatura de conservació, el tipus d'envasat i la microbiota pròpia poden generar diferències notables en l'evolució de la càrrega microbiana entre carn fresca i la carn madurada en sec.

La carn madurada ha de mantenir-se en una cadena de fred contínua, a temperatures recomanades entre 0 °C i 4 °C. El transport s'ha de realitzar en vehicles refrigerats amb registre de temperatura. L'envasat ha de ser adequat, preferentment al buit, per reduir l'oxidació i la contaminació.

També és recomanable considerar la congelació dels entrecots madurats, polits i envasats individualment, ja que contribueix en mantenir l'estabilitat microbiològica sense comprometre les característiques sensorials, sempre que el procés es realitzi correctament. Finalment, cal evitar la barreja amb carn fresca no madurada i assegurar una higiene rigorosa en totes les fases.

7.2 Presentació i formats de venda

Es recomana oferir formats adaptats a les necessitats del consumidor, com per exemple peces senceres, talls premium o packs degustació. Les vitrines han de mantenir la temperatura adequada i una il·luminació que ressalti el color natural de la carn sense alterar-lo. Evitar l'acumulació excessiva de peces madurades sense polir és clau per garantir una refrigeració uniforme.

Existeixen múltiples opcions de comercialització de la carn madurada:

- Peça sencera sense polir
- Peça sencera polida
- Entrecot llescat, amb o sense envàs, i conservat en refrigeració
- Entrecot llescat, amb o sense envàs, i conservat congelat

El diagrama de flux haurà d'incloure també els possibles formats de comercialització que l'operador consideri.

7.3 Etiquetatge i informació al consumidor

Un etiquetatge clar i complet és essencial per informar el consumidor i complir la normativa. La comercialització de la carn madurada **entre operadors alimentaris** ha de tenir en compte el Reglament (UE) 931/2011 relatiu als requisits de traçabilitat i, per la carn de vacum, també el Reglament (CE) 1825/2000 i el Reial Decret 1698/2003 (DARPA, 2019):

- El número de referència o de codi que ha de relacionar inequívocament la carn amb l'animal o amb el grup d'animals dels quals procedeix (per a la formació de lots de retalls de carn de vacum, únicament caldrà respectar el fet que la carn procedeixi d'animals sacrificats en un mateix país).
- El nom del país on s'hagin sacrificat els animals d'on provenen els retalls de carn amb l'expressió "lloc de sacrifici", seguit de la indicació de l'estat membre o tercer país on s'hagin sacrificat.
- El nom del país on s'hagin produït els retalls de carn amb l'expressió "lloc de producció", seguit de la indicació de l'estat membre o tercer país i el número de registre de l'establiment on s'hagin obtingut.
- Els noms dels països de naixement i cria dels animals del grup. La indicació serà "país de naixement i cria: llista de països en què hagi tingut lloc el naixement i la cria." Si el país de cria i de sacrifici és el mateix, es podrà utilitzar la menció "origen", seguida de la indicació de l'estat membre o tercer país en què s'hagin produït el naixement, la cria i el sacrifici. En el cas que l'animal o el grup d'animals hagin estat menys de 30 dies en l'estat membre o tercer país de naixement o en l'estat membre o tercer país de sacrifici, no serà necessari indicar aquest país com a país de cria.

Quan es comercialitza com a retall de carn madurada a consumidor final i col·lectivitats, la denominació de venda ha de ser la denominació "retall de carn", seguida del tipus d'animal d'acord amb el i Real Decret 1698/2003 (en el cas de vacum). Les mencions obligatòries de la carn de vacum inclouen (DARPA 2024):

- Denominació de venda en funció de l'edat i el sexe. La denominació es podrà complementar amb el nom de la peça provinent de l'especejament habitual de la carn de vacum.
- Número de referència.
- Dades sobre el naixement, cria, sacrifici i especejament.
- Dades relatives a l'edat de sacrifici per a bovins de fins a un any d'edat.

A més, la carn envasada ha de complir amb els requeriments generals del Reglament (UE) 1169/2011 sobre informació alimentària facilitada al consumidor. Les mencions obligatòries en l'etiquetatge dels aliments aplicables a la carn inclouen (DARPA 2015):

- Quantitat neta
- Data de caducitat (dia i mes)
- Condicions de conservació
- Instruccions d'ús (p. ex. coure completament abans del consum)
- Condicions d'utilització una vegada obert l'envàs (data límit del seu consum)
- Informació nutricional
- Número de lot
- Nom o raó social i l'adreça de l'operador responsable de la informació alimentària
- Marca d'identificació (nom, país i identificació de l'empresa)

Per definir la data de caducitat, cal establir la vida útil de la carn madurada, que pot ser més curta que la de la carn fresca depenent de les condicions d'higiene durant la seva manipulació. És necessari realitzar un estudi de la vida útil tenint en compte criteris sensorials i microbiològics de les peces madurades i polides, considerant l'escenari real de l'empresa, i valorar l'opció més adequada de comercialització.

Tot i que el text normatiu no ho estableix, la denominació del producte com a "carn madurada", incloent la data d'inici i fi del procés de maduració, el lot, l'origen i la raça, així com recomanacions de conservació i preparació pot ajudar a destacar el producte en el mercat. A més, especificar de manera clara i visible el temps total de maduració reforça la transparència del procés.

7.4 Comunicació i màrqueting responsable

La informació comercial ha de ser veraç i transparent, complint el Reglament (UE) 1169/2011, evitant afirmacions enganyoses sobre beneficis no demostrats. És recomanable explicar el procés de maduració i els avantatges reals, com la millora del sabor i la textura, sense exageracions. La transparència en el preu, justificant el valor afegit del producte, contribueix a generar confiança i credibilitat. La Taula 18 recull les consideracions més rellevants relacionades amb la comercialització de la carn madurada.

Taula 18. Consideracions relacionades amb la comercialització de la carn madurada.

IMPRESCINDIBLE	RECOMANABLE
• Adequar el format de comercialització al cas específic de cada empresa. • Respectar les condicions d'emmagatzematge dels productes pel que fa a temperatura, humitat, format d'envasament, exposició a la llum... • Mantenir la temperatura la conservació de les peces entre 0-4 °C. • Establir la vida útil segons el procés de producció, format de comercialització i condicions raonablement previsibles (principalment temperatura) de conservació. • Netejar i desinfectar les zones d'emmagatzematge.	• Registrar la temperatura durant l'emmagatzematge. • Minimitzar qualsevol risc d'abús de temperatura durant el transport i l'emmagatzematge.

08

Llista de comprovació

LLISTA DE COMPROVACIÓ PER A LA PRODUCCIÓ SEGURA DE CARN MADURADA

1. Matèria primera

- ☐ Carn fresca amb bona qualitat microbiològica
- ☐ Utilització de carn no DFD (fosca, ferma i seca)
- ☐ pH superficial 5,5 – 6,2
- ☐ Temps post mortem adequat abans d'entrar a la cambra
- ☐ Proveïdor homologat
- ☐ Transport refrigerat verificat

2. Instal·lacions

- ☐ Cambra dedicada exclusivament a la maduració
- ☐ Materials i superfícies aptes i fàcils de netejar
- ☐ Zones separades per carn fresca / madurada / polida
- ☐ Si no es disposa de zones separades: neteja i desinfecció validada entre etapes

3. Condicions ambientals

- ☐ Temperatura (0–3 °C)
- ☐ Humitat relativa <85%
- ☐ Flux d'aire adequat (0,2 – 0,5 m/s)
- ☐ Monitoratge de la temperatura amb equips verificats / calibrats
- ☐ Monitoratge de la humitat relativa amb equips verificats / calibrats
- ☐ Monitoratge del flux d'aire amb equips verificats / calibrats

4. Col·locació i manipulació

- ☐ La disposició i separació entre peces garanteix una adequada circulació d'aire (no entren en contacte)
- ☐ En el cas de les peces penjades, es fa a través de l'os perforat
- ☐ Polit i llescat en superfícies i estris dedicats (neteja i desinfecció prèvia)

5. Temps de maduració

- ☐ Període de maduració definit i validat

6. Higiene i neteja

- ☐ Neteja i desinfecció de la cambra entre lots (amb la cambra buida)
- ☐ Neteja periòdica de prestatgeries, reixetes, superfícies i altres eines (p. ex. ganivet del polit i ganxos de penjar)
- ☐ Aplicació d'un protocol validat de neteja i desinfecció
- ☐ Aplicació d'un protocol de vestuari adequat per accedir a la cambra de maduració
- ☐ Registre de freqüències de neteja i dels responsables

7. Manteniment i control

- ☐ Calibratge periòdic de termòmetres, higròmetres i anemòmetres amb registre documentat

- ☐ Filtratge d'aire o tractament amb llum UV
- ☐ Revisió periòdica d'equips de refrigeració i ventilació
- ☐ Manteniment preventiu documentat
- ☐ Revisió i neteja del sistema de drenatge

8. Gestió de subproductes

- ☐ Tractament dels retalls del polit (crostes) segons normativa vigent

9. Formació i capacitat del personal

- ☐ Registres actualitzats de formació i capacitat del personal implicat en el procés de maduració

10. Traçabilitat de les peces durant el procés

- ☐ Identificació única de cada peça
- ☐ Registre de recepció i entrada a la cambra de maduració
- ☐ Registre del temps total de maduració assignat a cada peça
- ☐ Traçabilitat completa del lot

09

Referències bibliogràfiques

- AFSCA, Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (2015). Guide d'autocontrôle en boucherie-charcuterie. Dossier Nr : G-003. https://favv-afsca.be/sites/default/files/G-003v2_FR_20151120.pdf [accedit el 07/12/2025].
- AFSCA, Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA) (2017). Maturation longue à sec ou "dry-aging". Chapitre supplémentaire por la guide G-003 Guide d'autocontrôle en boucherie-charcuterie. https://favv-afsca.be/sites/default/files/2023-11/2017-10-12_G003aanvullhfdst_dryaged_FRdd06_09_2017_bis_erratum.pdf [accedit el 07/12/2025].
- CE, Comissió Europea (2022). Comunicación de la Comisión sobre la aplicación de sistemas de gestión de la seguridad alimentaria que contemplan buenas prácticas de higiene y procedimientos basados en los principios del APPCC, especialmente la facilitación/flexibilidad respecto de su aplicación en determinadas empresas alimentarias 2022/C 355/01. DOUE, C355: 1–58. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52022XC0916\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52022XC0916(01)) [accés 07/12/2025].
- DARPA, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (2016). Etiquetatge obligatori de la carn de vacum. Qualitat de la carn i derivats carnis – Fitxes informatives. <https://agricultura.gencat.cat/web/.content/04-alimentacio/qualitat-carn-derivats-carnis/enllacos-documents/fitxers-binariis/la-qualitat-de-la-carn-i-derivats-carnis.pdf>. [accedit el 06/02/2026]
- DARPA, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (2019) Etiquetatge dels retalls de carn de vacum. Etiqueta al detall - carn i derivats carnis núm. 10 (actualització abril 2019) <https://agricultura.gencat.cat/web/.content/04-alimentacio/qualitat-carn-derivats-carnis/enllacos-documents/fitxers-binariis/explicativaCarn10.pdf>
- DARPA, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (2024). Etiquetatge obligatori de la carn de vacum. Qualitat de la carn i derivats carnis – Fitxa informativa n3. <https://agricultura.gencat.cat/web/.content/04-alimentacio/qualitat-carn-derivats-carnis/enllacos-documents/fitxers-binariis/etiqueta-detall-fitxa-03-etiquetatge-obligatori-carn-vacum.pdf> (actualització novembre 2024). [accedit el 07/12/2025].
- EFSA BIOHAZ (EFSA Panel on Biological Hazards), Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, Bover-Cid S, Chemaly M, De Cesare A, Herman L, Hilbert F, Lindqvist R, Nauta M, Peixe L, Ru G, Simmons M, Skandamis P, Suffredini E, Blagojevic B, Van Damme I, Hempen M, Messens W and Bolton D, 2023. Scientific Opinion on the microbiological safety of aged meat. *EFSA Journal* 2023;21(1):7745, 101 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7745>
- FAO i OMS, Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura i Organització Mundial de la Salut (2008). Guidelines for the Validation of Food Safety Control Measures. Codex Alimentarius Guideline, No. CXG 69-2008. Codex Alimentarius Commission. Rome.revisada el 2013. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B69-2008%252FCXG_069s.pdf [accés 07/12/2025].
- Gowda, T. K. G. M., L. De Zutter, G. Van Royen and I. Van Damme (2022). Exploring the microbiological quality and safety of dry-aged beef: A cross-sectional study of loin surfaces during ripening and dry-aged beef steaks from commercial meat companies in Belgium. *Food Microbiology*, 102:103919.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Swanson, K.M. (2011). Meat Products. In: *Microorganisms in Foods 8. Use of Data for Assessing Process*

- Control and Product Acceptance. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9374-8_8.
- ISO 18593 (2018). Microbiología de la cadena alimentaria. Métodos horizontales para toma de muestras de superficies.
- Kim, Y. H. B., D. Ma, D. Setyabrata, M. M. Farouk, S. M. Lonergan, E. Huff-Lonergan and M. C. Hunt (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, 144:74-90.
- Knudsen, G. M., H. M. Sommer, N. D. Sørensen, J. E. Olsen and S. Aabo (2011). Survival of *Salmonella* on cuts of beef carcasses subjected to dry aging. *Journal of Applied Microbiology*, 111: 848-854.
- Jaworska, D., J. Pawłowska, E. Kostyra, A. Piotrowska, M. Płecha, G. Ostrowski, E. Symoniuk, D. L. Hopkins, K. Sawicki & W. Przybylski (2025). Dry-aged beef quality with the addition of *Mucor flavus* – Sensory, chemosensory and fatty acid analysis. *Meat Science*, 220:109691.
- MLA, Meat and Livestock Australia (2016) Shelf life of Australian red meat, second edition. <https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/research-and-development/program-areas/food-safety/brochures/shelf-life-of-australian-red-meat-2nd-edition.pdf> [accedit el 07/12/2025]
- MLA, Meat and Livestock Australia (2019) Guidelines for the safe production of dry aged meat. <https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/research-and-development/program-areas/food-safety/pdfs/guidelines-for-the-safe-production-of-dry-aged-meat.pdf/> [accedit el 07/12/2025]
- Panella-Riera, N., Delpiazzo, R., Font i Furnols, M., & Gil, M. (2021). Revalorización de la carne bovina mediante la maduración. *TecnoCarne*, 3:42-47.
- Panella-Riera, N., Gonzalez, J., Nogue, I., Masferrer, G., & Font i Furnols, M. (2024). Aspectos clave para producir carne madurada segura. *Eurocarne*, 332:27-36.
- Panella-Riera, N., J. Gonzalez, I. Nogue, G. Masferrer and M. Font i Furnols (2024). Aspectos clave para producir carne madurada segura. *Eurocarne*, 332:27-36.
- Panella-Riera, N., R. Delpiazzo, M. Font i Furnols and M. Gil (2021). Revalorización de la carne bovina mediante la maduración. *TecnoCarne*, 2021:42-47.
- PrimeSafe (2017). Aging of Beef. PN: PO5: 201709. Standards and Guidelines. <https://www.primesafe.vic.gov.au/resources/ageing-beef/> [accedit el 07/12/2025].
- Puolanne, E. & K. Immonen (2014). Conversion of muscle to meat | Glycogen. *Encyclopedia of Meat Sciences*: 346-352.
- Real Decreto 1698/2003, de 12 de diciembre, por el que se establecen disposiciones de aplicación de los Reglamentos comunitarios sobre el sistema de etiquetado de la carne de vacuno.
- Reglamento Delegado (UE) 2024/1141 de la Comisión, de 14 de diciembre de 2023, por el que se modifican los anexos II y III del Reglamento (CE) N° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a los requisitos específicos de higiene para determinadas carnes, productos de la pesca, productos lácteos y huevos.
- Reglamento (CE) 1825/2000 de la Comisión, de 25 de agosto de 2000, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 1760/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado de la carne de vacuno y los productos a base de carne de vacuno.

- Reglamento (CE) 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.
- Reglamento de Ejecución (UE) 931/2011 de la Comisión, de 19 de septiembre de 2011, relativo a los requisitos en materia de trazabilidad establecidos por el Reglamento (CE) 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo para los alimentos de origen animal.
- Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011 , sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.
- Reglamento (UE) 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de diciembre de 2013, por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) 922/72, (CEE) 234/79, (CE) 1037/2001 y (CE) 1234/2007.
- Ribeiro, A. J., F. Silva, P. Teixeira & C. M. Saraiva (2025). Dry-Aged Beef: A Global Review of Meat Quality Traits, Microbiome Dynamics, Safety, and Sustainable Strategies. *Journal of Food Science*, 90:e70589.
- Savini, F., V. Indio, F. Giacometti, Y. T. Mekkonen, A. De Cesare, L. Prandini, R. Marrone, A. Seguino, M. Di Paolo, V. Vuoso, F. Tomasello and A. Serraino (2024). Microbiological safety of dry-aged meat: a critical review of data gaps and research needs to define process hygiene and safety criteria. *Italian Journal of Food Safety*, 13:12438.
- Savini, F., L. Prandini, V. Indio, F. Tomasello, A. Seguino, A. De Cesare, S. Panseri, F. Giacometti, E. Delibato, L. Bardasi, R. Taddei and A. Serraino (2025). Behaviour of *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* during beef dry-aging up to 60 days. *International Journal of Food Microbiology*, 429: 110999.
- Tittor, A. W., M. G. Tittor, M. M. Brashears, J. C. Brooks, A. J. Garmyn and M. F. Miller (2011). Effects of Simulated Dry and Wet Chilling and Aging of Beef Fat and Lean Tissues on the Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella*. *Journal of Food Protection*, 74: 289-293.
- Van Damme, I., S. Varalakshmi, L. De Zutter, E. Vossen and S. De Smet (2022). Decrease of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 counts during dry-aging of beef but potential growth of *Listeria monocytogenes* under certain dry-aging conditions. *Food Microbiology*, 104:104000.
- Zhang, R., M. J. Y. Yoo, A. B. Ross and M. M. Farouk (2022). Mechanisms and strategies to tailor dry-aged meat flavour. *Trends in Food Science & Technology*, 119:400-411.

10

Annex

Taula 19. Estudis científics disponibles en la literatura sobre el comportament de microorganismes patògens durant la maduració en sec de carn de boví (HR: humitat relativa)

Referència bibliogràfica	Tipus de carn i condicions de maduració	Comportament dels patògens inoculats
Tittor <i>et al.</i> (2011)	Carn 3°C, HR 80%, velocitat de l'aire de 0,25 m/s durant 28 dies	Es va observar una important reducció d' <i>E. coli</i> O157:H7 i <i>Salmonella</i> , tant en el teixit adipós (greix) com en el teixit magre (múscul).
Knudsen <i>et al.</i> (2011)	Porcions 1 ± 2°C, HR 70-100% 3,5 ± 1,5°C, HR 75-100%, 0,6±0,1 m/s durant 14 dies	Es va observar una reducció significativa de <i>Salmonella</i> , amb una supervivència variable depenent de la soca (0,124 a 0,190 log ₁₀ /dia).
Van Damme <i>et al.</i> , 2022	Llom 2°C o 6 °C i HR de 75 o 85% durant 42 dies.	<i>L. monocytogenes</i> va créixer (ca 1 log ₁₀) en la maduració realitzada a 2°C i 85% HR, mentre que va disminuir en0,07 log ₁₀ /dia com a màxim en les altres condicions assajades. <i>Salmonella</i> va disminuir entre 0,07 a 0,14 log ₁₀ /día, mentre que <i>E. coli</i> O157:H7 entre 0,09 a i 0,14 log ₁₀ /día depenent de les condicions de maduració. No aporten dades de l'evolució de l'a _w superficial del múscul i greix on van inocular els patògens. Tampoc de les oscil.lacions de temperatura
Savini <i>et al.</i> (2025)	1° C, HR 78%, 2.0 m/s durant 60 dies	Els recomptes de <i>L. monocytogenes</i> no van canviar significativament, mentre que <i>Y. enterocolitica</i> va augmentar significativament fins a 3 log ₁₀ durant els primers 40 dies, després va a disminuir fins a nivells inferiors als inicials.

