

## **Treball final de grau**

**Estudi:** Grau en Innovació i Seguretat Alimentària

**Títol:** ESTANDARDITZACIÓ DE LA PRODUCCIÓ D'EMBOTITS PICATS CURATS MITJANÇANT UN ANALITZADOR PER RAIGS X

**Document:** Memòria

**Alumne:** Josep Marcó Marsal

**Tutor:** M<sup>a</sup> Dolors Parés Oliva

**Departament:** Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària / EQATA

**Àrea:** Tecnologia Alimentària

**Convocatòria (mes/any)** Febrer 2022



## AGRAÏMENTS

A l'empresa Boadas 1880, per fomentar la meva formació acadèmica i per brindar-me l'oportunitat de créixer professionalment. Per confiar en mi i donar-me la total llibertat i autonomia per realitzar aquest treball. També als meus companys de feina, per recolzar-me i ajudar-me en moments que ho he necessitat, hi ha dies en que la feina també es pot realitzar amb un somriure d'orella a orella, gràcies.

A Dolors Parés, per acceptar la tutoria d'aquest treball i per ajudar-me a expressar de forma correcta les idees, resultats i discussió, també per dedicar part del temps personal a la correcció d'aquest treball, però sobretot, pel seu nivell d'exigència, gràcies.

A Josep Comaposada i a IRTA Monells per deixar-me les seves instal·lacions i equips per l'anàlisi dels paràmetres nutricionals en producte final, gràcies.

A la meva família més propera per confiar amb mi incondicionalment, a la meva mare per fer-me veure la importància relativa de les coses en els moments més frustrants, al meu pare per fer-me veure que tinc la força i decisió necessaris per tirar endavant, gràcies.

I en especial a la meva filla Jana, motor de la meva vida i motivació per millorar i créixer com a persona dia a dia.

# ÍNDEX

1.	RESUM.....	6
2.	ANTECEDENTS .....	9
3.	INTRODUCCIÓ.....	10
	3.1 Productes carnis curats .....	10
	3.2 Elaboració d'embotits picats curats .....	13
	3.3 Influència de la fracció de greix.....	15
	3.4 Repercussions associades a la variabilitat del producte final .....	18
	3.4.1 Seguretat alimentària.....	18
	3.4.2 Gestió de la producció i cost econòmic.....	19
	3.5 Anàlisi del greix .....	19
	3.6 Fonament de la tecnologia NIR ( <i>Near infrared spectroscopy</i> ) .....	20
	3.7 Fonament de la tecnologia raigs X .....	21
	3.7.1 Raigs X i interaccions amb la matèria.....	21
	3.7.2 Atenuació dels raigs X a través de carn.....	25
4.	OBJECTIUS DEL TREBALL .....	27
5.	MATERIAL I MÈTODES .....	28
	5.1 Equips utilitzats .....	28
	5.1.1 MeatMaster™ II .....	28
	5.1.2 FoodScan™ i FoodScan™ 2 .....	31
	5.1.3 NIRS (SCIO) .....	32
	5.2 Procediments .....	33
	5.2.1 Ajust del calibratge inicial de l'equip Meatmaster™ II .....	33
	5.2.2 Anàlisi de variabilitat del producte previ a la implantació de l'equip MeatMaster™ II .....	34
	5.2.3 Anàlisi variabilitat carnis i proveïdors .....	35

5.2.4	Avaluació de les millores atribuïdes a la implantació de la tecnologia RX sobre el temps de curat, l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició del producte final. ....	36
6.	RESULTATS I DISCUSSIÓ .....	42
6.1	Ajust del calibratge inicial de l'equip Meatmaster™ II .....	42
6.2	Anàlisi de variabilitat del producte previ a la implantació de l'equip MeatMaster™ II	43
6.3	Anàlisi variabilitat carns i proveïdors .....	44
6.4	Avaluació de les millores atribuïbles a la implantació de la tecnologia RX sobre el temps de curat, l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició del producte final. ....	48
7.	APLICABILITAT .....	53
8.	CONCLUSIONS .....	54
9.	BIBLIOGRAFIA .....	56

# 1. RESUM

---

Les empreses transformadores de carn, cada cop més industrialitzades i amb majors capacitats productives, elaboren grans lots de fabricació per tal d'incrementar la productivitat i optimitzar els costos associats a la seva activitat industrial.

Per conformar un lot de fabricació d'un producte curat concret, les indústries generalment utilitzen, com a matèries primeres, magres i greixos subministrats per escorxadors i sales de desfer que corresponen a múltiples lliuraments procedents de diversos proveïdors. Tot i que les referències comercials de magres i greixos estan estipulades segons un contingut de greix predeterminat, es donen fortes fluctuacions i desviacions en la composició d'aquestes matèries primeres que acaben repercutint en l'homogeneïtat dels productes finals d'un mateix lot de fabricació.

Un paràmetre d'especial importància en la producció d'embotits curats és el contingut en greix. El greix és un paràmetre de qualitat reconegut en la legislació alimentària, condiona en gran mesura les característiques organolèptiques i d'estabilitat del producte final, influeix de forma directa en aspectes nutricionals i, en especial, té fortes repercussions en el procés tecnològic d'assecatge dels embotits.

L'heterogeneïtat en el contingut de greix de les matèries primeres dins un mateix lot productiu propicia que les peces, un cop embotides, evolucionin de forma diferent durant l'etapa d'assecatge. Aquest fet dificulta la gestió productiva del propi procés i fa que s'obtinguin peces que poden presentar fortes dispersions en paràmetres tan importants com l'activitat d'aigua, que determina en gran mesura l'estabilitat i seguretat alimentària del producte final.

L'objectiu principal d'aquest treball ha estat l'**estandardització del contingut de greix de la producció d'embotits curats de l'empresa Boadas 1880 mitjançant la implementació de la tecnologia d'anàlisi per raigs X (RX)**. Aquesta tecnologia permet determinar el contingut de greix de la matèria primera en línia, de forma no invasiva i de tot el conjunt de la producció; característiques que esdevenen fonamentals per ajustar la formulació de cada elaboració i aconseguir reduir la dispersió i estandarditzar el producte final.

Per assolir l'objectiu general del treball es van plantejar diversos objectius intermedis.

En primer lloc, es va **ajustar el calibratge d'origen de l'equip de RX** utilitzant mostres de carn i greixos de la pròpia empresa per tal d'obtenir un model adequat a la matriu de treball habitual. Es van seleccionar mostres representatives d'un interval prou ampli de valors i es va utilitzar la tecnologia NIR com a mètode de referència per fer les determinacions del contingut real de greix de les mostres seleccionades. Es va constatar que l'ajust del calibratge amb els propis magres de l'empresa és fonamental per garantir la fiabilitat de les mesures de greix, ja que les determinacions de l'equip de RX abans de l'ajust no eren vàlides per determinar amb exactitud el contingut en greix de la carn fresca amb què es treballa a l'empresa. Els valors NIR es van utilitzar per rectificar de forma satisfactòria el pendent/intersecció del model de càlcul de l'equip de RX.

En segon lloc, es va realitzar un estudi per tal d'**establir els marges d'heterogeneïtat** que presentava la **llonganissa extra tradicional**, elaborada a partir de magres de porc, i seleccionada com a producte curat picat de referència, **abans de la implementació de l'equip de RX**. Es va utilitzar la tecnologia NIR per determinar l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició (percentatge d'humitat, greix i proteïna) d'un determinat nombre de peces en el moment de la seva comercialització. Tal com s'esperava, es va obtenir una gran variabilitat tant en la composició com en les característiques de la llonganissa comercial i aquests resultats van recolzar la necessitat de la millora que es pretenia aconseguir amb la implementació de la nova tecnologia. El contingut en greix de les peces analitzades es movia en un interval del 20,47 al 34,85%, amb un coeficient de variació del 11,85%. Es va veure que, malgrat que la composició d'algunes de les peces analitzades s'allunyava de la informació nutricional declarada en l'etiqueta, totes complien les especificacions legals relacionades amb la categoria comercial, que per la llonganissa extra són de  $\leq 57\%$  de greix i  $\geq 30\%$  de proteïna (sobre extracte sec) i també que els valors d' $a_w$  (entre 0,86 i 0,90) eren sempre inferiors a 0,92, és a dir dins els marges de seguretat establerts pels embotits curats de pH superior a 5.

La tercera fase del treball va consistir en **establir els marges de variabilitat de les matèries primeres**. L'elaboració de la llonganissa extra tradicional parteix de la mescla de dos tipus de magres (90/10 i 70/30, amb un contingut teòric del 10 i el 30% de greix, respectivament) procedents de varis proveïdors. Mitjançant la tecnologia de RX, es va determinar el contingut de greix real de diferents lliuraments per tal d'establir la variabilitat de cada tipus de magre i per cada proveïdor. Es va confirmar que els magres comercials que elaboren escorxadors i sales de desfer presenten grans variacions en el contingut en greix entre lots de la mateixa referència subministrats per diferents proveïdors, entre diferents lliuraments d'un mateix proveïdor i, fins i tot, dins d'un mateix lot de carn. En conjunt, es van determinar coeficients de variació en el contingut de greix molt alts en els dos tipus de magre, del 26,28% en el 70/30 i una mica més baix, 20,46%, pels magres 90/10. La informació sobre la composició real dels lliuraments de magres i greixos comercials es pot incorporar al pla d'homologació de proveïdors per millorar la gestió de les compres i optimitzar els costos de producció.

Finalment, es van estudiar les **millores que comportava l'estandardització mitjançant l'equip de RX del contingut de greix de les formulacions de llonganissa extra, respecte al sistema d'elaboració utilitzat per l'empresa**. Es van fer dues fabricacions utilitzant les mateixes matèries primeres. La primera producció (NE) es va fer amb el sistema tradicional, on la proporció de cada tipus de magre es determina a partir d'una fórmula de producció preestablerta; i la segona (E) es va fer amb estandardització en línia del contingut de greix, ajustant el contingut a un  $15 \pm 1\%$  a partir de les determinacions per RX.

En les amassades elaborades amb el sistema tradicional el contingut de greix va ser  $16,62 \pm 2,53\%$  i el coeficient de variació d'un 15,21%. L'estandardització amb l'equip de RX, modificant la quantitat dels diferents tipus de magres en funció de les determinacions de greix, va permetre ajustar millor la formulació a l'objectiu de greix ( $14,94 \pm 0,73\%$ ) i reduir el coeficient de variació de les amassades fins a un valor de 4,89%.

Es va fer el seguiment de 40 peces de cadascuna de les produccions repartides en diferents zones de dues cambres d'assecatge. L'estandardització de les diferents amassades va permetre millorar el control de l'etapa d'assecatge, uniformitzant el temps necessari per assolir

l'objectiu de minva (en aquest estudi, 30-31 dies, segons l'assecador, per assolir una minva del 43%), i reduir la variabilitat del producte final pel què fa a l'activitat d'aigua, contingut en greix i proteïna. La dispersió en minves es va poder reduir aproximadament a la meitat, igualant la pèrdua de pes de les diferents peces que conformen el lot de fabricació i facilitant d'aquesta manera la gestió interna de l'empresa. Es va incrementar el nivell de seguretat, disminuint la dispersió en els valors d' $a_w$  i allunyant els valors més alts ( $a_w=0,907$ ) del límit màxim acceptable ( $a_w \leq 0,92$ ). Per últim, es van reduir aproximadament a la meitat l'amplitud dels intervals i els coeficients de variació dels continguts en greix i proteïna dels productes finals.

La introducció de la fase d'estandardització en el procés d'elaboració d'embotits picats curats implicarà un canvi important del procés, ja que no es podran preparar amb anterioritat i de forma exacta els kg de cada tipus de magre per un lot de producció. A canvi, s'aprecia una gran oportunitat d'optimització de costos i per tant un benefici econòmic si se seleccionen les referències de carn i els proveïdors adequats gràcies a l'històric de mesures que genera l'equip, que pot proporcionar un increment significatiu de la competitivitat de l'empresa. L'estandardització del producte final també incrementa el control de l'empresa sobre el seu producte, genera major seguretat en futures decisions (per exemple, la possibilitat, si escau, de reduir lleugerament la minva objectiu o de modificar la informació nutricional de l'etiquetatge) i millora la capacitat d'adaptació a situacions de mercat canviants.



## 2. ANTECEDENTS

---

Aquest treball s'ha dut a terme a l'empresa càrnia Boadas 1880, ubicada a Girona. Boadas 1880 és una empresa familiar que compta amb uns 200 treballadors i es dedica a la producció de pernil i embotits curats. Actualment l'empresa té tres plantes de producció: a Salamanca, on es fa l'elaboració i curació de pernils i espatlles; i a Girona, on es fa els desossat i llescat de pernils i l'elaboració d'embotits (llom, xoriç, llonganissa, fuet, etc.), que es comercialitzen en diferents formats.

El treball es realitza en un context de canvi per l'empresa, amb la futura obertura d'una nova planta a Girona i noves línies de processament que han de permetre millorar sensiblement la productivitat i optimitzar la gestió de la producció. Una de les decisions més importants que s'han pres en aquest sentit ha estat la implementació d'un equip MeatMaster™ II que, mitjançant la tecnologia de raigs X, facilita la traçabilitat de les matèries primeres i millora la seguretat, per exemple a través de la detecció de cossos estranys. Aquesta tecnologia permet el control en línia del contingut en greix de lots complets de carn fresca i això fa que pugui ser útil també per estandarditzar els productes que s'elaboren a l'empresa. L'estandardització és important, no només per satisfer les demandes dels clients, sinó també per millorar l'eficiència de l'empresa i garantir el compliment tant de les exigències legals com de les especificacions i declaracions d'etiquetatge.

## 3. INTRODUCCIÓ

---

### 3.1 Productes carnis curats

El curat és una tècnica que consisteix fonamentalment en la dessecació i reducció de l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) de la carn, augmentant la vida útil d'aquesta. El seu inici data del 3.000 a.C. coincidint amb l'ús de la sal com a ingredient. L'objectiu és l'estabilització de la carn per tal de que es pugui conservar a temperatura ambient sense risc de deteriorament ni perill pel consumidor i, al mateix temps, el desenvolupament d'atributs sensorials a partir de la formulació i els canvis bioquímics i microbiològics que es produeixen durant el procés.

Històricament els productes curats s'elaboraven de forma empírica, però actualment la fabricació d'embotits es considera una tecnologia a través de la qual es pot predir el resultat final gràcies al control d'una sèrie de factors, tot i la complexitat inherent a la producció d'aquest tipus de productes.

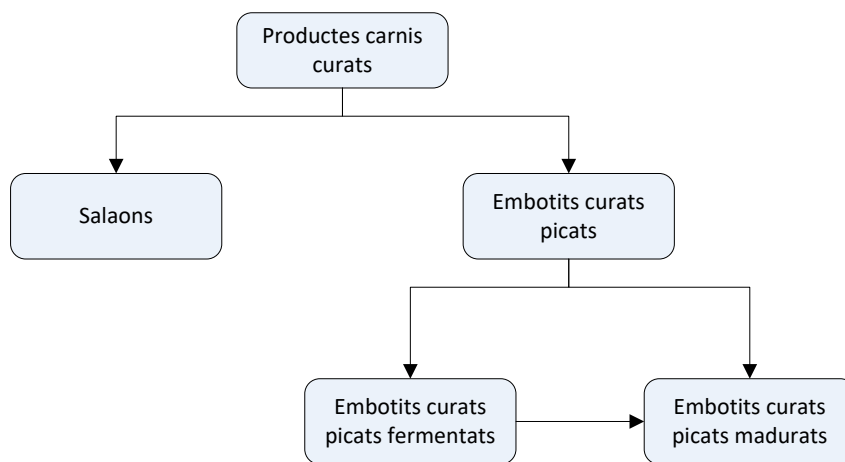
La producció d'embotits curats és diversa en productes i productors, i des d'aquest punt de vista, el coneixement tecnològic i la modernització de la indústria esdevé clau per l'assegurament de la qualitat, seguretat alimentària i la competitivitat de l'empresa, així com la competitivitat del producte final.

La família dels productes curats està composta bàsicament per dos subfamílies ben diferenciades entre elles, en primer lloc les salaons, les quals es distingeixen per conservar la integritat anatòmica de la peça durant el procés de transformació; en són exemples el pernil i l'espatlla curats, i el llom i cap de llom embotits (Figura 1). Per altra banda, la subfamília dels embotits curats picats, els quals es caracteritzen per estar conformats per la barreja de diferents carnis prèviament picades i mesclades amb els ingredients abans de l'embotició i assecatge; productes com la el fuet, la llonganissa o el xoriç. Dins d'aquest segon grup també es poden diferenciar variants associades a la presència o absència de fermentació en el seu procés de transformació.

Els productes curats picats fermentats es caracteritzen pel desenvolupament de bacteris de l'àcid làctic, principalment dels generes *Lactobacillus* i *Pediococcus*, que poden estar presents de forma natural o haver-se afegit intencionadament. Aquests microorganismes representen la microbiota predominant del producte aportant característiques tecnològiques, atributs sensorials i de conservació. La reducció de pH, gràcies a la producció d'àcid làctic, permet la inhibició de l'activitat d'altres microorganismes deteriorants i patògens que puguin estar presents, també es produeix un canvi de textura associat a la gelificació de les proteïnes que, com a conseqüència d'aquesta baixada de pH, s'acosten al seu punt isoelèctric i es desestabilitza la seva estructura inicial. La pròpia producció d'àcid làctic i els metabòlits secundaris generats durant el metabolisme bacterià també aporten aromes i gust al producte. En aquests grup de productes l'homogeneïtat del producte final es veu afavorida gràcies a la pròpia fermentació.

Existeix un segon grup de productes, els curats picats madurats, que es caracteritzen per basar la seva estabilitat, no tant en la fermentació, sinó en un major grau de deshidratació del

producte, assolint valors d'activitat d'aigua més baixos. En aquests productes es busquen gustos i aromes més lligats als processos de proteòlisi i lipòlisi que es donen durant l'assecatge i la maduració. Generalment en aquest tipus de producte s'hi poden trobar micrococcàcies, del gènere *Staphylococcus*, que es desenvolupen de forma correcta a pH per sobre de 5,5. Aquests no produeixen àcid durant el seu metabolisme però són capaços de reduir la molècula de nitrat a nitrit gràcies a la producció d'enzims nitrat-reductases. Per tant, si s'incorpora certa quantitat de nitrat a la formulació i es controla la taxa de fermentació del producte, durant el procés d'assecatge es produirà una transformació progressiva d'aquest nitrat a nitrit, que és el compost actiu capaç de limitar el creixement de patògens i, particularment, la germinació d'espores de *Clostridium botulinum*, garantint la seguretat alimentària fins a arribar a l' $a_w$  i als atributs sensorials finals de producte. Aquest grup de productes pot presentar més heterogeneïtat al final del procés lligada a l'absència d'una etapa de fermentació que estabilitzi el pH.



**Figura 1** Classificació general dels productes carnis curats

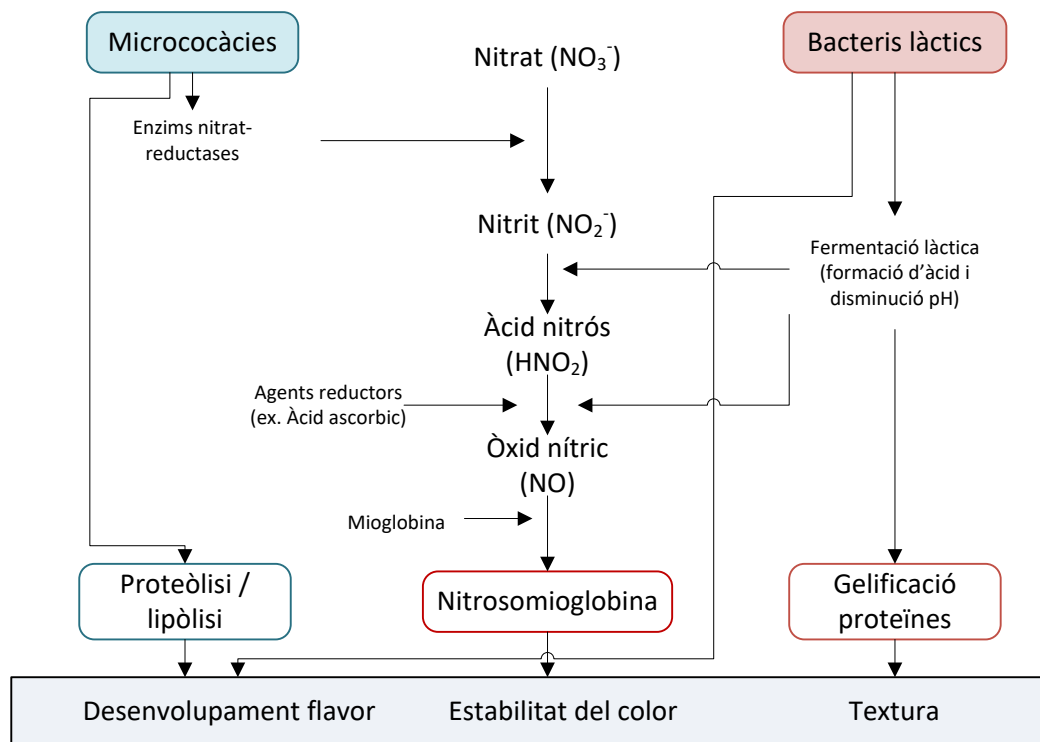
Per determinats productes els elaboradors d'embotits poden optar per estratègies mixtes en què es produeix una baixada de pH més suau i allargada en el temps, afavorint també certa activitat de micrococcàcies del gènere *Staphylococcus*, els quals s'han afegit en forma de cultius iniciadors, juntament amb bacteris de l'àcid làctic.

A partir d'aquí existeixen una gran diversitat de productes en funció d'altres característiques, com l'espècie o espècies animals de la quals prové la carn, els ingredients i additius utilitzats en la formulació, la presència o no de microbiota fúngica superficial, la introducció o no d'una etapa de fumet, variacions del procés productiu (condicions i durada de les diferents etapes), el calibre i tipus de tripa utilitzada per embotir, etc.

Els nitrificants estan fortament implementats en les formulacions dels productes curats. La quantitat afegida està regulada per normativa (Reglament (CE) 1333/2008) i, tot i que en determinades situacions poden ser precursors de compostos tòxics per la salut humana (nitrosamines), també són capaços de controlar el creixement de bacteris esporulats com el *Clostridium botulinum*, que podrien representar un greu perill en productes, com els curats, que no seran sotmesos a tractaments tèrmics. A més, els nitrificants també tenen forta

influència en la formació del pigment responsable del color típic en curats al reduir-se i combinar-se amb la mioglobina per donar lloc al compost nitrosomioglobina, responsable del color rosat estable.

El correcte ús dels nitrificants juntament amb el tipus de producte, el procés productiu al que es sotmet i la microbiota present determinen en gran mesura el resultat final (Figura 2).



**Figura 2** Principals interaccions i repercussions de la microbiota bacteriana en les característiques sensorials dels embotits curats

L'elaboració d'embotits picats curats de porc es basa en l'ús de carns magres i greixos provinents de diverses parts de la canal de porc. Aquestes generalment representen del 85 al 95% de la seva composició i constitueixen així el principal element.

L'homogeneïtat del comportament del producte al llarg del procés productiu i la repetibilitat de les característiques finals del productes curats són multifactorials; però els tres factors bàsics i de més rellevància són:

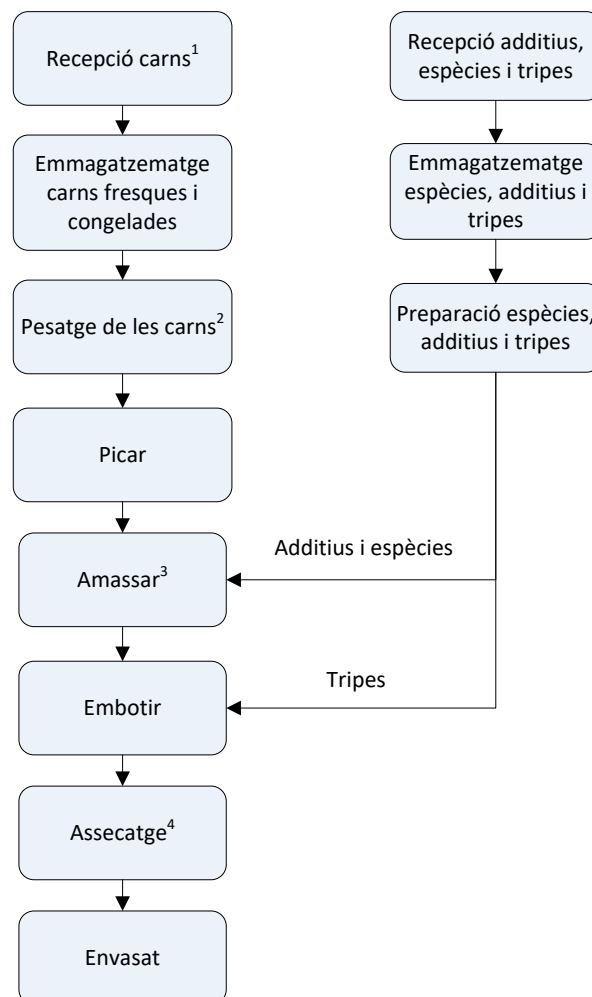
1. L'homogeneïtat en les proporcions de magre i greix de la carn utilitzada com a matèria primera per l'elaboració del producte, juntament amb l'absència de defectes tecnològics d'aquesta.
2. El correcte ús d'estàters microbians comercials juntament amb la introducció controlada de sucres fermentables a la massa, i la resta d'additius i ingredients de la formulació; amb especial importància del percentatge de NaCl, els conservants i els antioxidants.

3. L'ús d'assecadors artificials amb control dels paràmetres d'humitat ambiental, temperatura i ventilació.

La indústria transformadora d'embotits curats disposa d'assecadors on reproduir les condicions ambientals desitjades, i cultius, ingredients i additius comercials perfectament estandarditzats al seu abast, que li permeten controlar extensament els dos últims factors. El primer factor depèn de la variabilitat de la composició de les matèries primeres i del sistema de treball de l'empresa, i esdevé determinant per assolir un grau més en el nivell d'homogeneïtat, control i repetibilitat del procés i producte final en la indústria.

### 3.2 Elaboració d'embotits picats curats

La producció tradicional d'embotits picats curats segueix el següent diagrama de flux:



**Figura 3** Diagrama de flux sistema tradicional de producció d'embotits picats curats

<sup>1</sup> Magre i greixos comercials elaborats per escorxadors i/o sales de desfer.

<sup>2</sup> Pesos exactes dels magres i greixos comercials definits en la fórmula de producte de l'empresa.

<sup>3</sup> Procés discontinu (en *batch*) amb els kg definits per la fórmula de producte, on es mescla la matèria primera pesada per aquest procés unitari amb els additius i espècies.

<sup>4</sup> Procés regulat per dies de curació, minva del producte i activitat d'aigua final, i que pot incloure o no una etapa de fermentació inicial (estufatge).

Per una banda, l'empresa defineix un procés productiu, i per l'altra, una fórmula de producte que és la unitat bàsica de treball, i determina la quantitat de cada tipus de carn, additius i espècies que ha de contenir cada procés d'amassat.

Aquesta fórmula de producte normalment s'ajusta a la capacitat de l'etapa d'amassat ja que és un procés discontinu que es realitza per lots, de manera que la fórmula determina els kg de la carn, additius i espècies que sumin, com a màxim, la capacitat d'aquesta etapa.

El contingut de cada tipus de carn depèn de l'objectiu de proporció de magre i greix del producte final, i del tipus de producte que s'elabori (pot variar en funció de la categoria i/o del seu procés productiu). A escala productiva, la fórmula de producte serveix com a base per definir el número total d'amassades a elaborar, que generalment acaben conformant un mateix lot de fabricació.

Les empreses elaboradores d'embotits curats, cada cop més industrialitzades i amb majors capacitats productives, utilitza retalls de carns provinents de varies parts del porc, retalls d'espatlla, pernil, cap de llom, ventresca, etc. dels quals se'n poden fer mescles amb els noms comercials i composició de greix pre definits, en són exemples el magre extra (10% de greix), el magre primera (20% greix), el magre 70/30 (30% greix) o el magre 50/50 (50 % greix). Aquestes referències comercials poden variar en funció del proveïdor, i serveixen al productor d'embotits per adequar les quantitats de cada carn a afegir en funció de la fórmula i l'objectiu de greix predeterminat.

Tot i que els magres comercials estan classificats segons el seu contingut de greix, poden presentar certa variabilitat que es pot observar:

1. Entre la mateixa referència provinent de diferents proveïdors.
2. Entre diferents lliuraments d'una mateixa referència del mateix proveïdor.
3. Dins un mateix lliurament/lot de carn.

L'heterogeneïtat del contingut de greix de la carn es pot atribuir a diversos factors, intrínsecs del propi proveïdor: formes de treballar internes de l'empresa que repercuteixen en la composició i homogeneïtat dels magres comercialitzats; o extrínseques: les quals es poden relacionar amb l'existència de diferents races de porc, alimentacions i maneig, mascles i femelles, estacionalitat de l'any o procedència dels animals, entre altres.

La taula 1 mostra valors de composició, inclòs el contingut de greix, del pernil, llom i espatlla en diferents races de porc.

**Taula 1** Efecte de la raça i sexe en la composició química del pernil, llom i espatlla (Martel *et al.*,1988)

Variable	Sire breed				SE <sup>a</sup>	Sex		SE
	Yorkshire	Landrace	Duroc	Hampshire		Gilts	Barrows	
<b>Ham</b>								
Weight, kg	8.67	8.66	8.98	8.78	.15	8.85	8.70	.10
Lean, %	65.79 <sup>bc</sup>	62.98 <sup>c</sup>	67.29 <sup>b</sup>	68.67 <sup>b</sup>	1.29	67.53 <sup>b</sup>	64.84 <sup>c</sup>	.91
Fat <sup>e</sup> , %	24.15 <sup>bc</sup>	26.25 <sup>b</sup>	23.03 <sup>bc</sup>	21.51 <sup>c</sup>	1.20	22.82	24.65	.85
Bone, %	10.06	10.77	9.68	9.82	.69	9.66	10.51	.49
<b>Loin</b>								
Weight, kg	8.17	8.48	8.24	8.65	.26	8.28	8.49	.18
Lean, %	49.70	47.79	50.87	49.85	1.42	51.47 <sup>b</sup>	47.64 <sup>c</sup>	1.00
Fat <sup>e</sup> , %	34.19	36.71	33.13	34.71	1.63	33.01 <sup>c</sup>	36.37 <sup>b</sup>	1.15
Bone, %	14.35	14.24	15.04	15.23	.57	14.95	14.48	.40
<b>Shoulder</b>								
Weight, kg	8.93 <sup>cd</sup>	8.83 <sup>d</sup>	9.32 <sup>bc</sup>	9.59 <sup>b</sup>	.17	9.18	9.16	.12
Lean, %	55.31	53.33	55.05	55.07	1.38	56.19 <sup>b</sup>	53.19 <sup>c</sup>	.97
Fat <sup>e</sup> , %	32.62	34.15	31.64	32.00	1.40	31.43	33.77	.99
Bone, %	12.07	12.52	13.31	12.93	.41	12.37	13.04	.29

<sup>a</sup>SE = standard error of the mean.

<sup>b,c,d</sup>Means in the same class (sire breed or sex) with no common superscript differ (P<.05).

<sup>e</sup>Fat = intramuscular and intermuscular fat.

Seguint els sistema tradicional d'elaboració, si existeix variabilitat en el contingut de greix de les carns que s'utilitzen com a matèria primera, també existirà variabilitat de greix en les diferents peces de producte elaborat. Tot i que durant el procés d'amassat tota la carn d'una mateixa unitat de treball serà homogeneïtzada, la variabilitat apareixerà entre les diferents amassades del producte, repercutint en lots de producció que contenen peces embotides de diferents amassades amb diferents continguts de greix i que, per tant, presentaran diferents comportaments durant l'assecatge i diferents característiques de producte final.

### 3.3 Influència de la fracció de greix

El greix és un macronutrient d'especial importància en la producció d'embotits curats, el contingut d'aquest en els productes comercialitzats està reconegut com a paràmetre de qualitat. Així es recull en l'annex 1 del Reial Decret 474/2014, del 13 de juny, pel que s'aprova la norma de qualitat de derivats carnis (Taula 2).

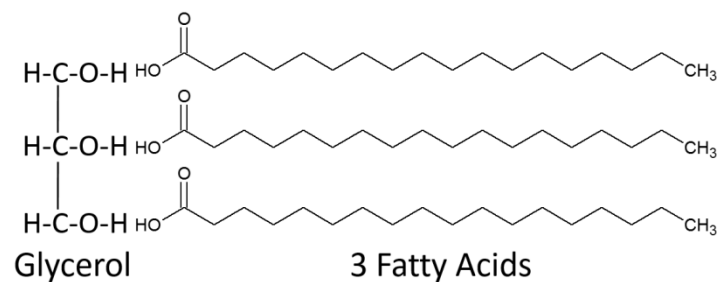
**Taula 2.** Característiques fisicoquímiques dels derivats carnis curats-madurats (RD 474/2014)

Denominación del producto	Categoría comercial	Grasa – g/100 g s.s.s.	Hidratos de carbono – g glucosa/100 g s.s.s.	Proteína total – g/100 g s.s.s.	Relación colágeno/proteína – Porcentaje	Proteínas añadidas – g/100 g
Chorizo. Salchichón.	extra	≤ 57	≤ 9	≥ 30	≤ 16	≤ 1
Chorizo sarta extra.		≤ 57	≤ 2	≥ 30	≤ 16	≤ 1
Chorizo de Pamplona.	extra	≤ 65	≤ 8	≥ 25	≤ 22	≤ 1
Salami.	extra	≤ 68	≤ 9	≥ 22	≤ 25	≤ 1
Salchichón de Málaga.	extra	≤ 50	≤ 5	≥ 37	≤ 14	≤ 1
Chorizo y Salchichón ibérico.	extra	≤ 65	≤ 5	≥ 22	≤ 25	≤ 1
Chistorra.		≤ 80	–	≥ 14	–	≤ 3
Sobrasada.		≤ 85	≤ 5	≥ 8	≤ 35	≤ 3
Chorizo y Salchichón y restos de embutidos curado-madurados.		≤ 70	≤ 10	≥ 22	≤ 30	≤ 3

En la taula 2 s'observen els percentatges màxims de greix permesos en productes curats-madurats i els màxims permesos en funció de la categoria comercial. En el cas del xoriço i llonganissa sense categoria comercial el percentatge de greix màxim és del 70% sobre extracte sec, mentre que en la categoria extra el percentatge ha de ser inferior al 57%.

A més, el contingut gras té fortes repercussions en el comportament tecnològic del producte durant el procés de curació, ja que determina en gran mesura el contingut d'aigua de la massa i la velocitat de pèrdua de pes durant el procés d'assecatge, i també pot tenir influència sobre els processos de fermentació desitjats.

Les repercussions tecnològiques de la quantitat de greix en el producte es deuen fonamentalment a diferències estructurals i de composició que presenta el greix respecte al magre. La fracció grassa de la carn de porc està composta principalment per triglicèrids, aigua i proteïnes. Els triglicèrids són molècules formades per tres àcids grassos units a una molècula de glicerol (Figura 4).

**Figura 4** Estructura química del triglicèrid (Lindshield, 2018)

Els triglicèrids són el component majoritari del teixit gras i són molècules especialment hidrofòbiques. Aquesta característica, juntament amb el menor contingut en aigua de les peces riques en greix són responsables dels canvis tecnològics en el producte. La menor quantitat d'aigua pot interferir en el procés de fermentació, limitant l'aigua disponible pel metabolisme dels bacteris làctics repercutint així en la producció d'àcid, i en conseqüència, en la reducció de pH del producte.



**Taula 3** Composició de diferents peces de carn per porc per (g/100g) (Valero et al., 2010)

	PIEZAS	Humedad (g)	Cenizas (g)	Energía (kcal)	Proteína bruta (g)	Grasa bruta (g)	Hidratos de carbono (g)
PORCINO	CHULETA DE AGUJA	65,3	1,1	203	19,1	13,7	0,8
	CHULETA DE RIÑONADA	70,2	1,1	150	21,3	7,2	Tr
	MAGRO	75,5	<1,0	115	20,5	3,4	0,6
	PANCETA	55,9	<1,0	298	19	24,3	0,8

La Taula 3 mostra valors d'humitat de peces magres i de panxeta de porc, peces amb major quantitat de greix en la seva composició presenten també menor quantitat d'humitat.

Durant el procés d'assecat el producte va perdent aigua gràcies a l'evaporació que es produeix de les capes més superficials a un ambient amb humitat més baixa. Al mateix temps l'aigua de la capes més internes va migrant a les més externes per compensar les diferències de pressió osmòtica provocades per l'evaporació.

La quantitat de greix present en el producte, i també l'estat en el que es troba aquest influeix en la velocitat d'assecatge. Quan s'incrementa la quantitat de greix es dificulta l'extracció d'aigua com a conseqüència de la seva característica hidrofòbica, que dificulta el pas de l'aigua de les capes més interiors a les capes més exteriors.

A part, a major presència de greix major serà l'efecte en cas d'embarrat. L'embarrat és un defecte dels productes curats que es dona quan es produeix la ruptura d'un número important de cèl·lules grasses (adipòcits), donant lloc a l'alliberament de greix, la seva fusió parcial i la seva distribució sobre les partícules de carn durant el tractament mecànic d'aquesta (picat, amassat i embotit) com es mostra a la Figura 5. Aquest defecte es pot observar tant en capes més internes del producte com en les més superficials, amb especial importància en aquest segon cas quan es forma una capa a la perifèria que dificulta en gran mesura l'extracció d'aigua. L'embarrat es pot veure agreujat quan s'utilitzen greixos amb punt de fusió més baix, es a dir greixos que contenen més insaturacions en la seva estructura, quan hi ha major intensitat de treball mecànic i a majors temperatures durant el procés d'elaboració. Una de les conseqüències més important d'aquest defecte és l'augment del temps d'assecatge (Arnau, 2011).

**Figura 5** Producte curat amb defecte d'embarrat

Per tant, l'homogeneïtat en el contingut de greix i en l'estat físic en el que es troba dins l'embotit (mida del picat i la presència d'embarat o no) influeix de forma important en la velocitat d'extracció d'aigua del producte.

El contingut de greix també té clares implicacions en el gust, la textura, i la formació d'aromes del producte, així com en l'estabilitat oxidativa d'aquest, en definitiva, paràmetres sensorials apreciables pel consumidor final i que poden determinar la vida útil de l'embotit.

Per últim, la proporció de greix en l'elaboració de l'embotit repercutirà en el perfil nutricional del producte final. L'homogeneïtat d'aquest contribuirà a respectar els valors prèviament definits en aportació calòrica, de greix i de proteïna, ajustant-se així al seu etiquetatge nutricional de mercat.

## 3.4 Repercussions associades a la variabilitat del producte final

### 3.4.1 Seguretat alimentària

Tot procés de transformació d'aliments té associat un sistema APPCC (Anàlisi de Perills i Punts de Control Crític) i és des d'aquest marc d'on provenen els controls més rellevants que es porten a terme durant l'elaboració dels productes.

Els productes carnis curats són aliments "*ready to eat*" que es consumiran de forma directe pels consumidors. Els embotits curats també són aliments denominats com a autoestables i pertanyen a la categoria d'aliments que no afavoreixen el creixement de *Listeria monocytogenes*, el patògen de control més rellevant en aquest grup d'aliments. Aquesta categoria de producte es recull en el Reglament (CE) núm. 2073/2005 de la Comissió, de 15 novembre 2005, relatiu als criteris microbiològics aplicables als productes alimentaris.

Els paràmetres d'activitat d'aigua i pH de l'embotit al final del procés determinen l'estabilitat microbiològica i per tant la inhibició del creixement de *L. monocytogenes* i, en definitiva, la seguretat alimentària durant la seva vida útil.

Es valida el producte final quan aquest presenta com a mínim una de les següents situacions referents als paràmetres d' $a_w$  i/o pH que es mostren a continuació:

1.  $a_w \leq 0,92$
2.  $\text{pH} \leq 4,4$
3.  $a_w \leq 0,94$  i  $\text{pH} \leq 5$

La presència de variabilitat en la composició del producte, fonamentalment del tipus de carn i la proporció de greix i magre, i posteriors variacions en el grau d'assecatge de les peces que conformen un mateix lot productiu, acaben desembocant en variacions en la velocitat d'assecatge i en  $a_w$  del producte final, i per tant poden tenir influència en l'estabilitat microbiològica i la seguretat alimentària del producte al contenir peces amb menor grau d'assecament.

### 3.4.2 Gestió de la producció i cost econòmic

Quan el producte presenta heterogeneïtat en  $a_w$  i en el grau d'assecatge dins d'un mateix lot de producció esdevé necessari prendre mesures per assegurar que la totalitat de les peces que conformen aquest lot presentin al final del procés els valors d'activitat d'aigua i de minva de curació mínims requerits per l'empresa.

L'empresa defineix un grau d'assecatge que com a mínim ha de complir amb els valors d'activitat d'aigua requerits per el Reglament 2073/2005 però en molts casos, es defineixen valors més restrictius, ja que a més de la seguretat alimentària, també es té en compte l'aspecte organolèptic, buscant les condicions de textura, aroma, gust i color convenients per el producte.

Els lots heterogenis evolucionaran de forma heterogènia durant el procés d'assecatge, obligant a l'empresa a finalitzar l'etapa d'assecatge de la totalitat del lot productiu amb una mitjana de minva de curació superior a la definida com a òptima amb l'objectiu de evitar la presència de peces amb minves excessivament baixes, les quals podrien donar deficiències d'activitat d'aigua i mancances en els atributs organolèptics. Haver d'augmentar la minva de curació general del lot per compensar la presència de peces amb poca curació implica un sobre cost directe com a conseqüència de la major pèrdua de pes i per tant la disminució del rendiment durant el procés.

Una segona opció és la d'augmentar el control sobre les minves de curació, per exemple realitzant pesatges dels carros d'assecador, que contenen les peces que conformen el lot, de forma individual, realitzant el càlcul de minva de cadascun d'ells i finalitzant l'etapa d'assecatge de cada carro quan aquest assoleix la minva òptima. Aquest sistema implica que dins el mateix lot de producció, hi ha grups que finalitzen el procés d'assecatge en diferents moments, generant un increment molt important en el volum de feina i dificultant la gestió de la producció que s'acaba traduint també en un sobre cost per l'empresa.

Aconseguir l'homogeneïtzació del producte implica que les peces que conformen un lot de producció es comportin de forma similar entre elles i que també presentin característiques més semblants, facilitant l'ajust de la minva de curació establerta per l'empresa sense necessitat d'haver de sobreminvar o d'haver de finalitzar el procés d'assecatge en diferents temps dins un mateix lot. Per tant, facilitant la gestió de la producció i optimitzant els costos productius.

A més, la satisfacció final del client es pot veure perjudicada al posar al mercat producte variable que presenta desviacions sensorials que l'allunyi de l'objectiu de l'empresa, comportant també pèrdues econòmiques.

## 3.5 Anàlisi del greix

Tradicionalment el contingut de greix es mesura pel mètode clàssic de referència Soxhlet, en el qual es porta a terme l'extracció de greix amb un dissolvent orgànic i la seva quantificació per

gravimetria. La determinació es fa sobre una sèrie de mostres del producte que es consideren prou representatives per poder extrapolar els resultats al conjunt del lot.

L'espectroscòpia d'infraroig proper o Tecnologia NIRS (acrònim de l'anglès "*Near Infrared Spectroscopy*") és una tècnica de creixent implantació a la indústria agroalimentària, precisament pels avantatges que representa sobre els mètodes d'anàlisi tradicionals. La tècnica NIRS és ràpida, neta, no destructiva i no invasiva. Això, junt amb l'avenç tecnològic i el desenvolupament d'equipaments cada cop més portables i econòmics, ha permès incrementar la seva implantació com a eina analítica eficaç per al control de qualitat i seguretat d'aliments. L'aplicació inicial i més estesa de la tecnologia NIRS a la indústria agroalimentària ha estat precisament la predicció quantitativa de la composició química (humitat, greix i proteïna) en diferents matrius alimentàries, com ara la carn. Darrerament aquesta tecnologia s'utilitza també per moltes altres aplicacions, com pot ser l'anàlisi més detallat del contingut i composició dels greixos (perfil d'àcids grassos en peixos i carns).

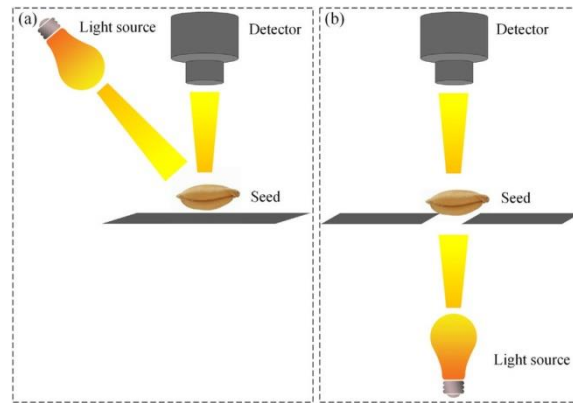
La tecnologia d'escàner per raigs X de doble energia també permet l'anàlisi del contingut gras de forma no destructiva ni invasiva, (Brienne, *et al.*, 2001), i el més important, es pot fer en línia, en temps real i de tot el conjunt de la producció. Aquestes cinc característiques esdevenen fonamentals per validar aquest mètode d'anàlisi i implementar la tecnologia per l'estandardització del contingut gras de la producció d'embotits picats curats a la indústria.

### **3.6 Fonament de la tecnologia NIR (*Near infrared spectroscopy*)**

La regió infraroja (IR) és la secció de l'espectre electromagnètic compresa entre els 780 nm fins als 25000 nm. Dins d'aquest rang, s'anomena infraroig proper a la part de la radiació més propera al visible, concretament des dels 780-2500 nm (Burns i Ciurczak, 1992). La representació dels valors d'absorbància a les diferents longituds d'ona en el rang NIR permeten obtenir una representació gràfica de la intensitat reflectida (R) o transmesa (T) per la mostra en funció de les longituds d'ona (espectre NIR), i és propi de cada material analitzat.

Un instrument NIR consta d'una font d'energia, un sistema per limitar la radiació a una banda estreta, un sistema de lents per enfocar la radiació, un dispositiu per a la dispersió de les longituds d'ona, un compartiment per col·locar la mostra a l'instrument i un detector que converteix l'energia reflectida o transmesa en senyal elèctric. Aquest senyal s'amplifica i es converteix en un senyal digital i es transmet a un ordinador.

Dins la tecnologia NIR se'n diferencien dos tipus, l'espectroscòpia d'infraroig proper per reflectància i l'espectroscòpia d'infraroig proper per transmitància.



**Figura 6** Esquema funcionament tecnologies NIR, reflectància (figura a) i transmittància (figura b) (Xia, Y., *et al.*, 2019)

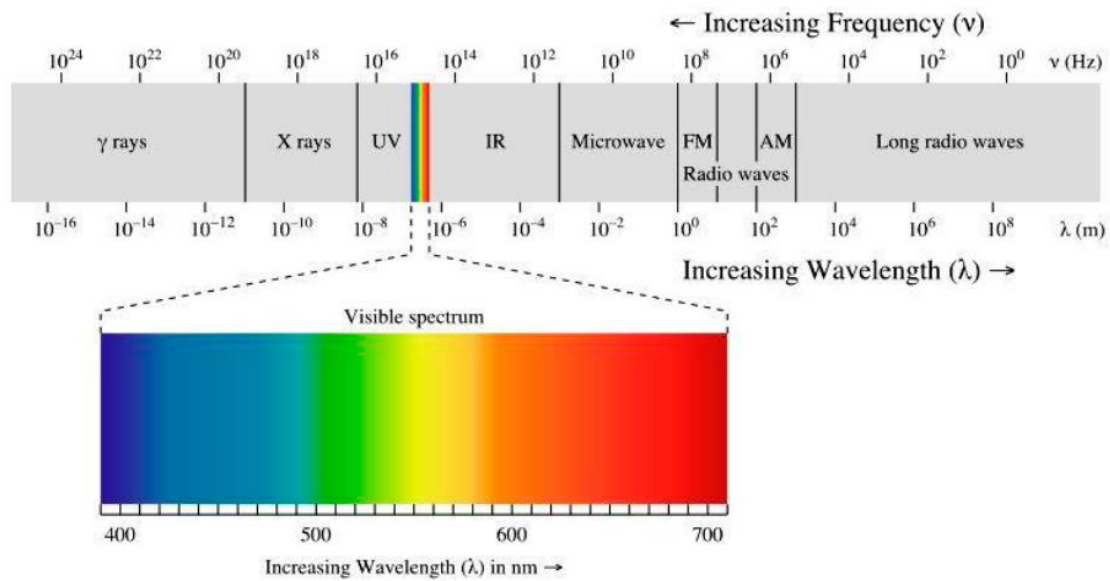
En la primera es mesura la llum reflectida per la mostra en relació a la llum total disponible emesa per la font de llum, mentre que en transmittància es calcula l'energia que travessa la mostra i arriba al detector comparada amb la llum total disponible emesa per la font de llum (Figura 6).

L'anàlisi es basa en el desenvolupament d'equacions de calibratge que estableixen la relació entre les dades espectrals ( $\log 1/R$  o  $\log 1/T$ ) i els valors d'un determinat atribut d'interès, analitzat mitjançant el mètode de referència habitual, en un grup de mostres. A partir de l'equació de calibratge desenvolupada i basant-se únicament en la informació espectral, es pot predir l'atribut d'interès en mostres desconegudes i de característiques similars a les incloses al grup de calibratge. El mètode està aprovat per l'Associació de comunitats analítiques, (2007.04, AOAC, 2007) i es pot considerar un mètode analític de referència.

## 3.7 Fonament de la tecnologia raigs X

### 3.7.1 Raigs X i interaccions amb la matèria

Els raigs X són radiació electromagnètica d'alta freqüència. Tenen una longitud d'ona que va dels 10 als 0,01 nanòmetres, que correspon a les freqüències compreses entre els 30 i els 30000 PHz. En la següent imatge es mostra la posició dels raigs X dins l'escala general de l'espectre electromagnètic (Figura 7).



**Figura 7** Espectre electromagnètic general (FOSS Analytical, 2020a)

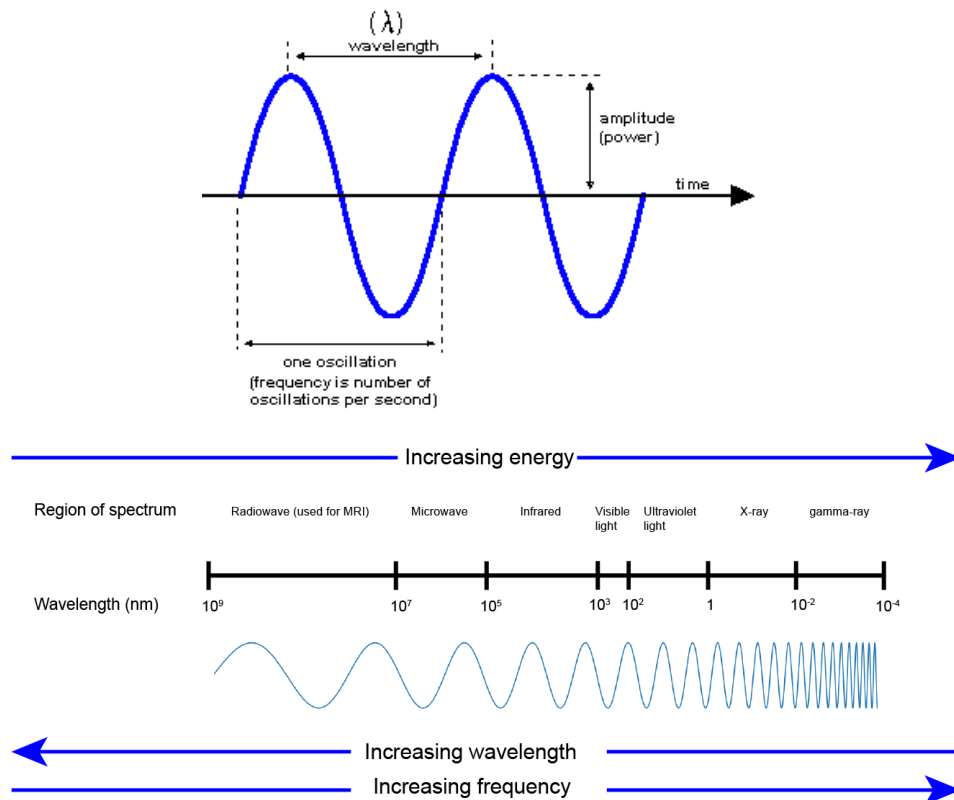
Els raigs X tenen capacitat de penetració sobre la matèria, que s'incrementa a mesura que s'augmenta l'energia de les ones (o la quantitat de fotons emesos), quan disminueix la densitat de la matèria o amb la disminució del número atòmic d'aquesta matèria.

Els fotons són les partícules portadores de totes les formes de radiació electromagnètica (inclosos el raigs X) i estan considerats com a partícules elementals dins del grup dels bosons. Els fotons es coneixen com paquets discrets d'energia, o el que és el mateix, quantums. Tenen propietats corpusculars però també ondulatories, motiu pel qual tenen associada una longitud d'ona i freqüència (Figura 8).

L'energia que transporta un fotó està regida per l'equació que es coneix com la relació Planck-Einstein:

$$E = hf$$

On  $h$  és la constant de Planck i  $f$  la freqüència del fotó. Per tant, a majors freqüències (i menors longituds d'ona), major serà l'energia.



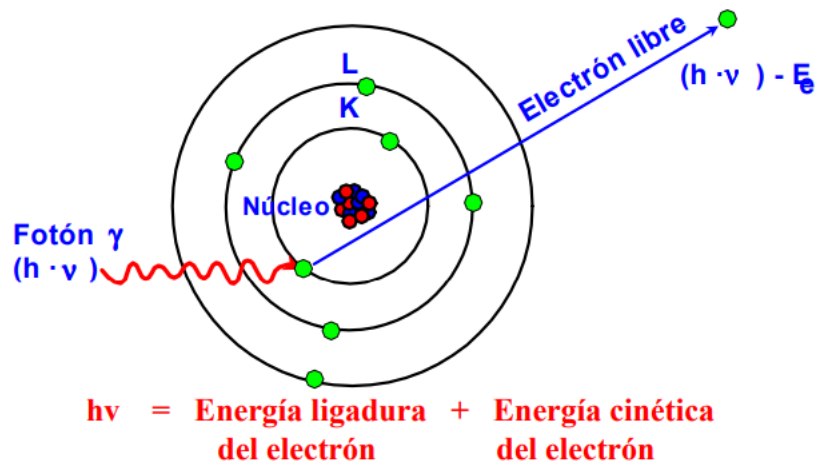
**Figura 8** Longitud d'ona i freqüència electromagnètica (CIEMAT, 2009)

Quan un feix de fotons penetra la matèria s'observa una reducció progressiva d'aquests fotons, i per tant una disminució de l'energia inicial. Aquesta disminució en el nombre de fotons es denomina atenuació, i es deu a la interacció d'aquests fotons amb un cert nombre d'àtoms de la matèria.

Els fotons interaccionen amb la matèria fonamentalment a través de 3 tipus de processos diferents: per l'efecte fotoelèctric, l'efecte Compton i la creació de parells electró-positró.

### Efecte fotoelèctric

El fotó interacciona amb l'àtom invertint tota la seva energia en arrancar un electró que acostuma a ser dels més lligats, cedint-li la seva energia cinètica a aquest electró i desapareixent d'aquesta manera el fotó (Figura 9).

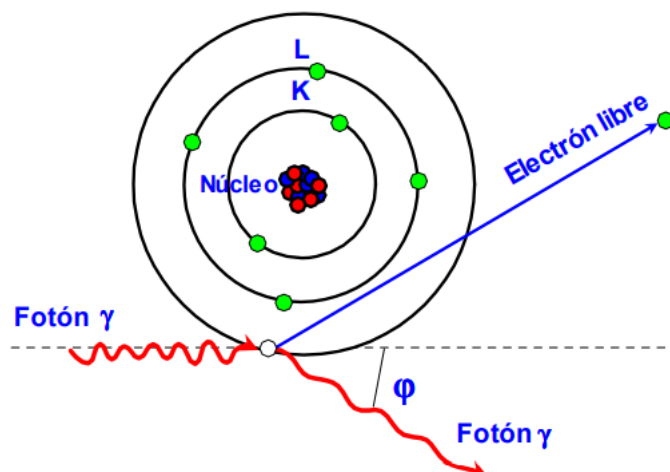


**Figura 9** Efecte fotoelèctric (CIEMAT, 2009)

La probabilitat de trobar aquest tipus d'interacció és proporcional a la densitat del medi, augmenta a mesura que s'incrementa el número d'àtoms, i es considera la principal interacció a baixes energies, per sota dels 100 keV, amb teixits biològics.

### Efecte Compton

Aquesta interacció consisteix en la transferència de part de l'energia d'un fotó a un electró atòmic (normalment als menys lligats a l'àtom), augmentant l'energia cinètica d'aquest que surt expulsat, i generant un fotó dispersat el qual contindrà menor energia que l'incident, i per tant major longitud d'ona (Figura 10).



**Figura 10** Efecte Compton (CIEMAT, 2009)

La probabilitat d'aparèixer aquest efecte varia poc amb el número d'àtoms, però és proporcional a la densitat atòmica del medi, i és la interacció dominant a energies intermitges, d'entre 100 i 1.000 keV, en teixits biològics.



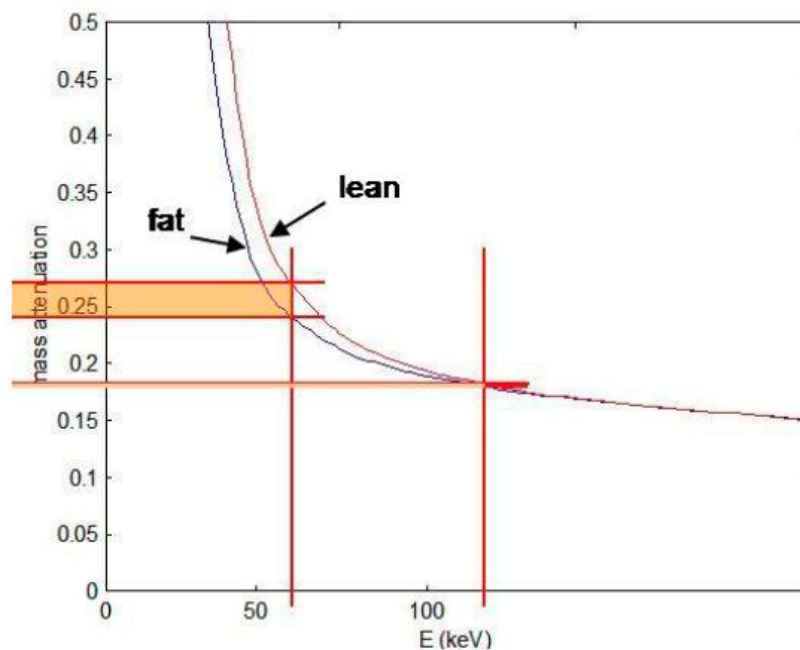
### Creació de parells electró-positró

La creació d'un parell electró-positró a partir d'un fotó en genera a energies superiors als 1,02 MeV, energies molt per sobre de les que es requereixen per l'anàlisi de la matèria biològica, i que no es consideren responsables de l'atenuació en aquest context.

Per tant, l'atenuació d'un feix de fotons, considerada com la disminució progressiva del número de fotons que transporta el feix, degut a la seva interacció amb teixits biològics, es deu fonamentalment a processos d'absorció i de dispersió, o el que és el mateix, per l'efecte fotoelèctric i l'efecte Compton.

### 3.7.2 Atenuació dels raigs X a través de carn

La composició química del greix i el magre de la carn de porc és diferent, i en conseqüència també ho són la seva densitat i el número atòmic que els conformen. Aquests factors, tal com s'ha vist, tenen influència en l'atenuació del raigs X o feix de fotons emès. El següent gràfic (Figura 11) mostra les corbes d'atenuació per greix i magre a diferents nivells d'energia.



**Figura 11** Variació del coeficient d'atenuació de greix i magre a diferents energies (FOSS Analytical, 2020a)

Es pot observar la diferència d'atenuació d'un feix de raigs X en el greix i en el magre a 60 KeV, energies on l'efecte fotoelèctric és el predominant. D'aquesta manera, el magre, que té major densitat que el greix, presenta atenuacions també majors, mentre que en el greix, que és menys dens, l'atenuació és menor.

L'atenuació dels raigs X depèn de la composició elemental de la mostra i no dels enllaços entre àtoms, al contrari del que passa en altres tecnologies com el NIR, i per tant l'atenuació no depèn de l'estat físic de la mostra, es a dir, de si la mostra de carn és fresca o congelada.

## 4. OBJECTIUS DEL TREBALL

---

L'objectiu d'aquest treball és l'estandardització del contingut de greix de la producció d'embotits curats mitjançant la implementació en línia de la tecnologia d'anàlisi per raigs X.

Per assolir aquest objectiu general s'han formulat els següents objectius intermedis, que corresponen a les diferents etapes del procés d'implementació de la tecnologia al sistema productiu de l'empresa:

- 1- Ajust del calibratge inicial, facilitat pel subministrador, de l'equip de raigs X MeatMaster™ II de l'empresa FOSS.
- 2- Determinació de la variabilitat de producte final prèvia a la implantació de l'estandardització per RX.
- 3- Determinació de la variabilitat de les matèries primeres.
- 4- Avaluació de les millores atribuïbles a la implementació de la tecnologia RX: homogeneïtzació del temps de curat, estandardització de l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició del producte final.

Com ja s'ha comentat, el treball es realitza en un context de canvi per l'empresa, amb la futura obertura d'una nova planta de producció amb noves línies de processament que han de permetre la millora en la gestió de la producció i l'estandardització dels productes. En aquest sentit, la implementació de l'equip de RX representa uns de les accions més importants.

## 5. MATERIAL I MÈTODES

---

### 5.1 Equips utilitzats

#### 5.1.1 MeatMaster™ II

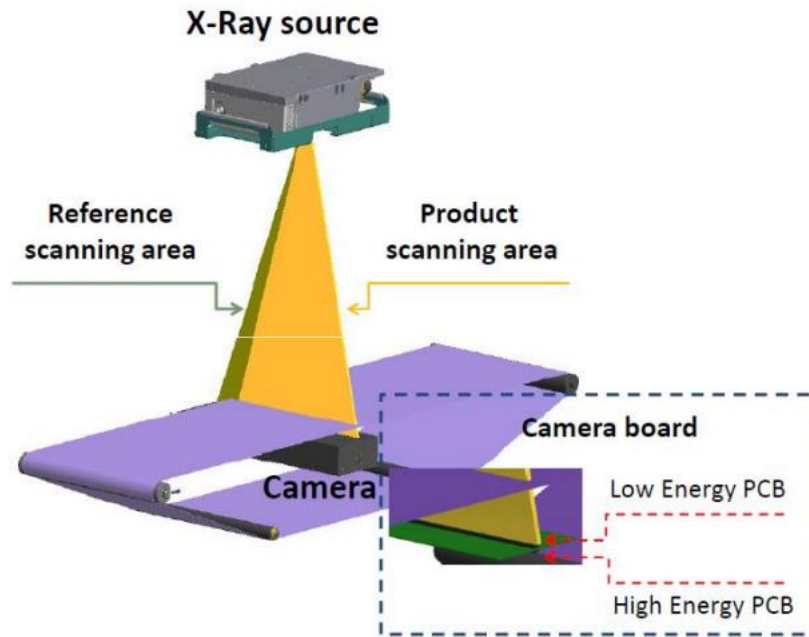
L'equip implementat a l'empresa per a l'anàlisi i estandardització de greix és el model MeatMaster™ II 2500 de l'empresa FOSS, que utilitza la tecnologia *X ray dual energy* (Figura 12).



**Figura 12** Equip MeatMaster™ II 2500 (FOSS Analytical, 2020a)

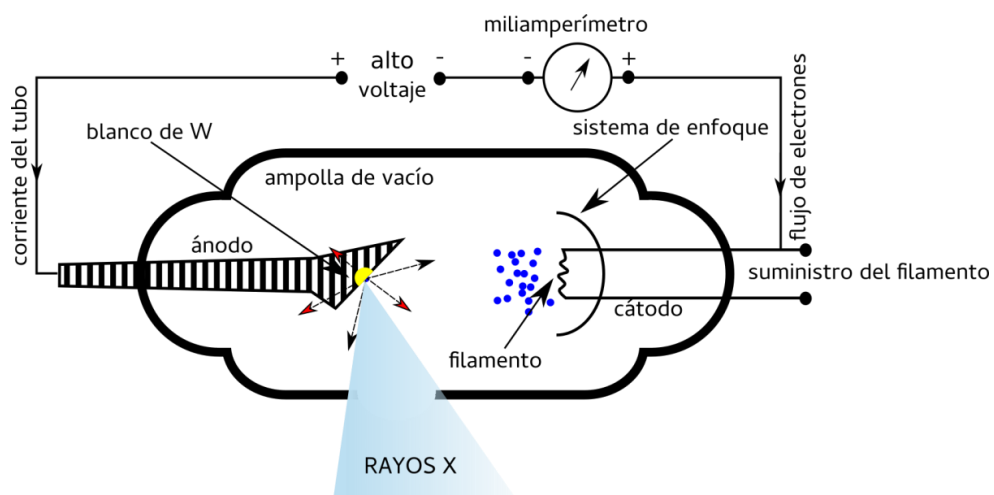
La tecnologia de raigs X de doble energia (o *dual energy*) consisteix en l'emissió de dos nivells diferents d'energia a través de la mostra de carn, determinant la densitat de l'àrea ( $\text{g}/\text{cm}^3$  i el gruix) i en conseqüència el pes de cada component que conforma una mostra de carn heterogènia, greix i magre (també ós i metalls en cas d'estar presents), i determinar, gràcies a models matemàtics, la quantitat total de greix respecte la totalitat de la mostra analitzada (Rebuffel; Dinten, 2007).

Per portar a terme la mesura, l'equip consta dels següents components (Figura 13):



**Figura 13** Esquema parts de l'equip (FOSS Analytical, 2020a)

- La font de raigs X, on es genera la radiació mitjançant un procés en el qual els electrons accelerats són frenats a l'impactar amb el tungstè que és un material altament refractari. Els electrons al frenar bruscament perden tota la seva energia cinètica i generen els raigs X principalment per dos processos físics, per la radiació de frenada o Bremsstrahlung i per la formació de raigs X característics, tal i com es mostra a la Figura 14.



**Figura 14** Generació de raigs X a la font de l'equip (Pérez, 2018)

- Un col·limador, per on passa el feix de fotons i que s'encarrega de dirigir-lo i donar-li forma de ventall perquè pugui arribar de forma correcta a tota la cinta transportadora, i per tant a tota la mostra de carn.
- Dos detectors (de alta i baixa energia), on es determina la quantitat d'energia que ha passat a través de la mostra.

El contingut de greix de la mostra i el pes d'una secció transversal es calcula gràcies a l'atenuació dels raigs X i a l'ajust dels models matemàtics introduïts al equip.

La capacitat d'anàlisi és d'aproximadament 5.000 kg/h, mostrant el resultat de pes i greix en pantalla, tant de la mostra individual de carn que s'analitza en un moment determinat, com el sumatori actualitzat del lot que s'està produint. També es mostren les imatges generades de totes les mostres de carn que s'analitzen (Figura 15).

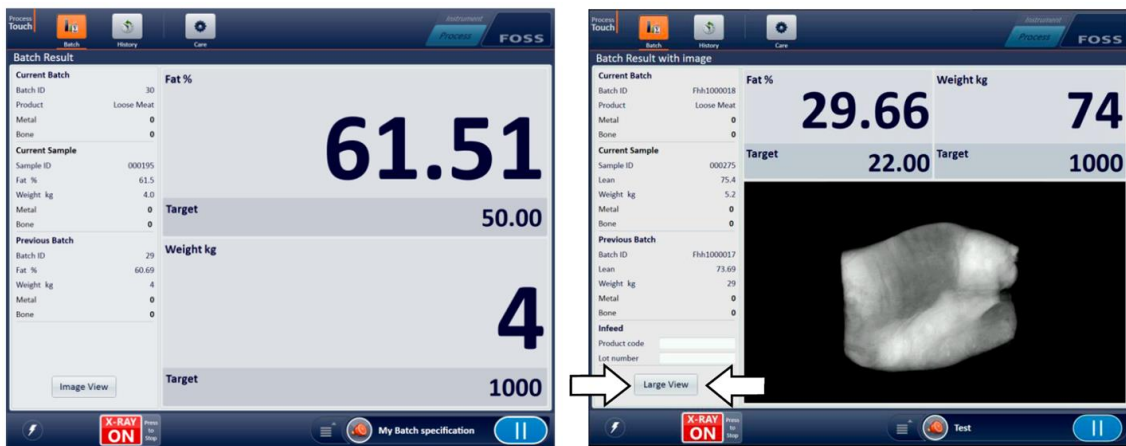


Figura 15 Interfície d'usuari de l'equip (FOSS Analytical, 2020a)

La Taula 4 detalla la precisió i la repetibilitat de l'equip per la mesura de greix i pes.

Taula 4 Precisió i repetibilitat de l'equip (FOSS Analytical, 2020a)

	GRASA* <sup>4</sup> (% absoluto)	PESO* <sup>4</sup> (%relativo)
Precisión (RMSEP)* <sup>2</sup>	1,0* <sup>1</sup>	1,0* <sup>1</sup>
Repetibilidad (Sr)* <sup>3</sup>	0,5* <sup>1</sup>	0,5* <sup>1</sup>

\* Producto presentado en caja de plástico tipo E2

\*<sup>1</sup> Una desviación estándar

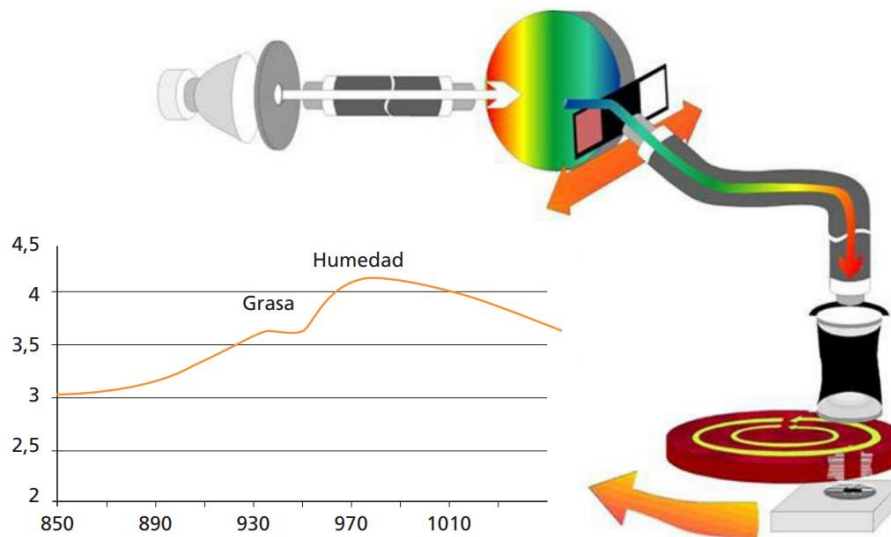
\*<sup>2</sup> Precisión (RMSEP= Error cuadrático medio de predicción; Root Mean Square Error of Prediction) se da para densidades aéreas de 5-15 g/cm<sup>2</sup>, correspondiente a grosor medio de producto de 5 a 25 cm

\*<sup>3</sup> Repetibilidad (Sr = desviación estándar de repetibilidad) se da para densidades aéreas de 5-15 g/cm<sup>2</sup>, correspondiente a grosor medio de producto de 5 a 25 cm.

\*<sup>4</sup> Para piezas con hueso, como jamones o pancetas, es necesario calcular la precisión de grasa en cada instalación.

### 5.1.2 FoodScan™ i FoodScan™ 2

Els equips FoodScan™ i FoodScan™ 2 es basen en la tecnologia NIR de transmitància (*Near Infrared Transmittance Spectroscopy*).



**Figura 16** Esquema funcionament equips FoodScan™ (FOSS Analytical, 2020b)

Des d'una làmpada halògena de tungstè situada, a la part posterior de l'instrument, la llum es guia a través d'una fibra òptica fins al monocromador de l'interior de l'instrument. El monocromador proporciona una llum monocromàtica en l'espectre entre 850 i 1050 nm que es guia fins al sistema de lent polaritzada situada sobre la cubeta on s'hi troba la mostra (Figura 16).

La llum es transmet a través de la mostra, i la que no és absorbida per aquesta arriba al detector. El detector mesura la quantitat de llum i envia el resultat al processador de senyals digital (DSP) que comunica amb el PC, calculant el resultat gràcies al previ calibratge de l'equip.

La rotació de la cubeta on es col·loca la mostra, permet l'anàlisi de diferents parts de la mateixa. Així, el valor mostrat és una mitjana de varies mesures obtingudes de diferents parts d'una mateixa mostra. Aquestes submostres s'agafen entre un o dos cercles concèntrics de la cubeta, proporcionant un resultat més representatiu en casos en què la mostra no és del tot homogènia.

L'equip ja es comercialitza amb els calibratges que permeten utilitzar-lo directament per fer les determinacions analítiques gràcies als calibratges ANN (Xarxes Neuronals Artificials) per part de FOSS.

Les mostres utilitzades per el desenvolupament dels calibratges dels equips FoodScan™ incloïen carn crua de tots els tipus, mescles de carn, així com productes cuits, fumats, curats, amb o sense espècies.

### 5.1.3 NIRS (SCIO)

L'equip SCIO es basa en la tecnologia NIRS de reflectància (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) que a través d'un sensor de baix cost connectat al núvol i mitjançant una app d'un telèfon mòbil permet desenvolupar models matemàtics i relacionar un determinat espectre electromagnètic amb certs paràmetres de control, com l'activitat d'aigua (Figura 17) (Comaposada *et al.*, 2018).



**Figura 17** Esquema funcionament NIR SCIO (IRTA, 2018)

El sensor òptic s'enllaça al telèfon mòbil a través de l'aplicació i emet un feix de llum que interacciona amb el producte retornant un determinat espectre en funció de les seves característiques. Aquest espectre és el que es relaciona amb l'activitat d'aigua del producte gràcies al model matemàtic prèviament desenvolupat i carregat al núvol, i que permet mostrar la informació en pantalla del resultat. Cada model serveix per determinar un paràmetre, l'activitat d'aigua o la humitat, d'un producte curat en concret.

El model matemàtic per a la determinació de l'activitat d'aigua en llonganissa curada amb aquest sensor es va realitzar dins el marc del projecte "Análisis metodológico del uso de instrumentos miniaturizados NIR low cost para el control en planta de parámetros de calidad y de proceso en productos cárnicos fermentados y secados" desenvolupat per IRTA amb col·laboració amb varies empreses del sector carni.

Els errors (RMSE cv) obtinguts pels paràmetres d'humitat i d'activitat d'aigua per la llonganissa curada es troben en 1,028% i 0,0078, respectivament.



## 5.2 Procediments

### 5.2.1 Ajust del calibratge inicial de l'equip Meatmaster™ II

L'equip MeatMaster™ II disposa en el seu software d'un calibratge inicial per a les determinacions de greix i densitat fet per FOSS, l'empresa que el comercialitza.

L'empresa informa que aquest calibratge es va fer amb 68 mostres de carn picada compostes per carn de porc, vedella i gall dindi. Les determinacions es van portar a terme a l'institut Danès d'Investigació de la Carn utilitzant com a mètode de referència per l'anàlisi de greix el de Schmid-Bondzynski-Ratslaff (SBR), segons la norma acceptada pel Comitè Nòrdic d'Anàlisis d'Aliments al 1989. El contingut de greix de les mostres va oscil·lar entre el 3 i el 77%, i la densitat d'àrea entre 1 i 21 g/cm<sup>2</sup>, englobant d'aquesta manera totes les possibles mostres llegides en un futur per l'equip. Cal destacar que per la realització de les mesures de greix de forma correcta, els valors de la mostra de carn han de trobar-se dins la recta de calibratge introduïda a l'equip, si els valors estan fora d'aquest rang, la fiabilitat d'aquesta mesura no es pot garantir. Per tant, la mesura és fiable quan els valors de greix es troben entre el 3% i el 77%.

Tot i disposar d'un calibratge inicial de fàbrica, sempre és imprescindible comparar les mesures de greix de l'equip amb els de l'anàlisi de referència del producte que s'utilitza en el lloc d'instal·lació i, en cas necessari, cal fer l'ajust del pendent/intersecció de la recta de calibratge de l'equip.

Per l'ajust del pendent/intersecció de la recta de calibratge de l'equip MeatMaster™ II es van utilitzar com a referència les determinacions fetes amb la tecnologia NIR, amb el FoodScan™ 2.

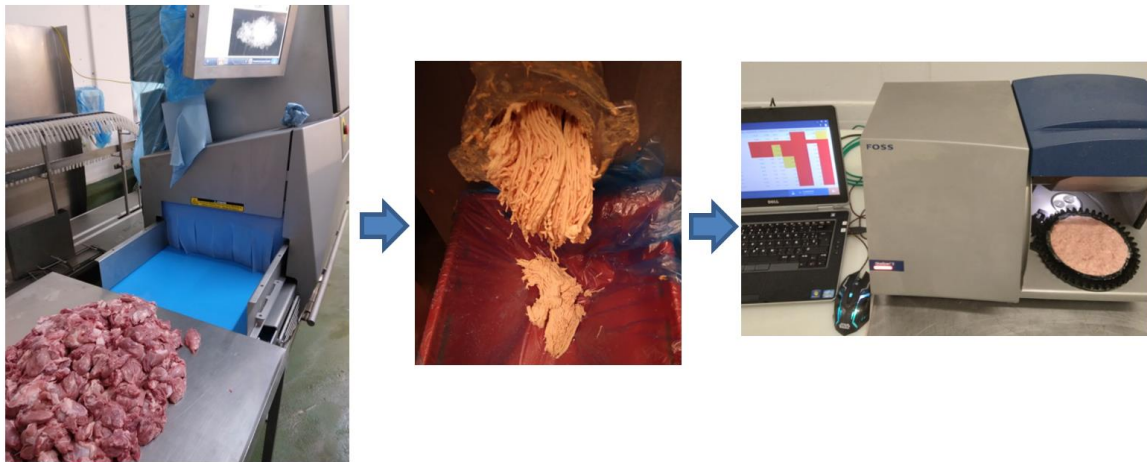
L'equip de RX és capaç d'analitzar mostres de carn col·locades directament sobre la cinta transportadora i també amb caixa tipus E2. En aquest segon cas, l'equip utilitza una màscara per descomptar la radiació atenuada com a conseqüència del material de la caixa i no de la mostra de carn. És per això que l'equip treballa amb dos models diferents en funció d'aquestes dues presentacions possibles de la matèria primera. Es necessari fer l'ajust del pendent/intersecció pels dos casos.

Es van seleccionar mostres de carn de porcí per tal d'incloure'n de representatives dels valors extrems de magre i greix que s'hauran d'analitzar durant el treball rutinari de l'equip. Es van seleccionar 9 mostres amb valors situats al llarg de la recta de calibratge de fàbrica.

Les mostres seleccionades es van identificar, es van analitzar amb l'equip MeatMaster™ II repetint la mesura 3 vegades i es van guardar els resultats al software de l'equip. El procés es va fer amb mostres a granel, dipositant la carn directament a la cinta transportadora, i es va repetir dipositant-les en caixa estandarditzada tipus E2 (Figura 18).

Posteriorment les mateixes mostres es van homogeneïtzar per separat i es van analitzar amb el FoodScan™ 2, obtenint el contingut de greix de cada mostra, que es va utilitzar per reemplaçar els valors guardats inicialment al software de l'equip MeatMaster™ II.

D'aquesta manera l'equip podia relacionar els valors d'energia en forma de raigs X rebuda pels seus detectors amb la quantitat de greix real que presentaven les mostres analitzades, ajustant així l'equació de calibratge.



**Figura 18** Procés de selecció, homogeneïtzació i anàlisi de les mostres amb FoodScan™ 2

L'homogeneïtzació de les mostres es va fer amb una picadora Fatosa P130 a placa de 3mm i es van amassar a una amassadora SIA A0160 fins a aconseguir una massa continua. Tres submostres d'aproximadament 200g cadascuna es col·locaven a la cubeta del FoodScan™ 2 i s'analitzava el seu contingut de greix. Es comprovava la desviació estàndard entre les 3 mesures i s'acceptaven en el cas que fos inferior a 0,5. Finalment es calculava la mitjana dels 3 valors per obtenir el resultat final de greix de cada mostra, resultat que es va utilitzar per ajustar el calibratge inicial de l'equip.

### 5.2.2 Anàlisi de variabilitat del producte previ a la implantació de l'equip MeatMaster™ II

Es va seleccionar la llonganissa extra tradicional, elaborada a partir de magres de porc, com a producte de referència de l'empresa dins del grup d'embotits picats curats. Aquest producte representa un volum important de la producció total i s'elabora amb més d'un tipus de carn provinent de diversos proveïdors.

La llonganissa extra tradicional forma part del grup dels embotits curats madurats, grup que acostuma a presentar més heterogeneïtat durant l'etapa d'assecatge proporcionant lots de producte final heterogeni. El pH final és superior a 5 i en conseqüència l'activitat d'aigua ha de ser inferior a 0,92 per garantir l'estabilitat microbiològica.

Es van analitzar 21 mostres de 150g provinents de 4 lots diferents del producte final previ a la comercialització. Es va homogeneïtzar cada mostra individualment amb una picadora elèctrica Moulinex 1.2.3 Ultimate i es va determinar la humitat, l'activitat d'aigua, el percentatge de greix i el percentatge de proteïna amb el FoodScan™ 2 (Figura 19).



**Figura 19** Preparació de la mostra i anàlisi amb FoodScan™ 2

Es va calcular la mitjana, la desviació estàndard i el coeficient de variació del conjunt de mostres, sense tenir en compte el lot o la procedència, per tal de determinar la variabilitat existent en la composició del producte final que elabora l'empresa sota la denominació comercial de "llonganissa extra tradicional". L'objectiu era fer una foto del producte en un moment puntual de temps per veure la variabilitat que pot presentar i la possible problemàtica, sense establir relació de causalitat.

### 5.2.3 Anàlisi variabilitat carns i proveïdors

Per tal d'avaluar la variabilitat associada a la matèria primera que s'utilitza per l'elaboració de la llonganissa extra tradicional, es van analitzar amb l'equip de RX les mostres de carn (magre A, 90/10 i B, 70/30) que s'indiquen a la Taula 5. El magre A i B són utilitzats de forma conjunta com a matèria primera de la llonganissa extra tradicional.

**Taula 5** Número de mostres analitzades per proveïdor i tipus de carn

Proveïdor	Referències (% greix)	
	Magre A (10%)	Magre B (30%)
1	7	
2	3	5
3	7	3
4	6	
5	3	3
6		1
7		3

Es van analitzar un total de 29.302 kg del magre A i 11.505 kg del magre B provinents d'un total de 7 proveïdors que disposen d'homologació per part de l'empresa. Cada mostra de carn analitzada de cada proveïdor consta d'un mínim de 500 kg, i correspon a un mínim de 28 caixes.

Es va calcular la mitjana i la desviació estàndard dels percentatges de greix per determinar la variabilitat que presentaven les mostres de carns de cada proveïdor i dins d'una mateixa referència.

L'equip genera dos documents per cada anàlisi, el primer amb el contingut mitjà de greix de la totalitat del lot de carn, i el segon amb el contingut de greix de cada submostra analitzada, és a dir, de cada porció de carn o caixa analitzada de forma individual per l'equip (Figura 20), essent possible el càlcul de la variabilitat que existeix dins el propi lot de carn. Aquest paràmetre també és important perquè si existeix variabilitat dins un mateix lot també repercutirà en el producte final.

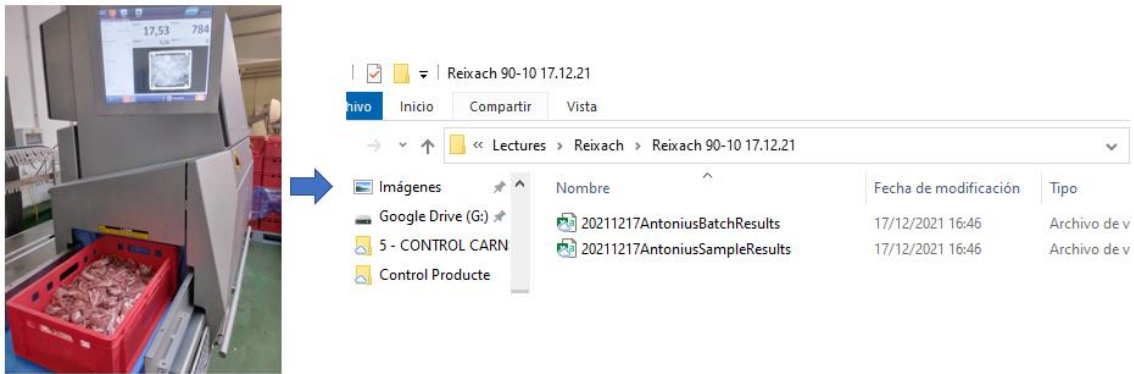
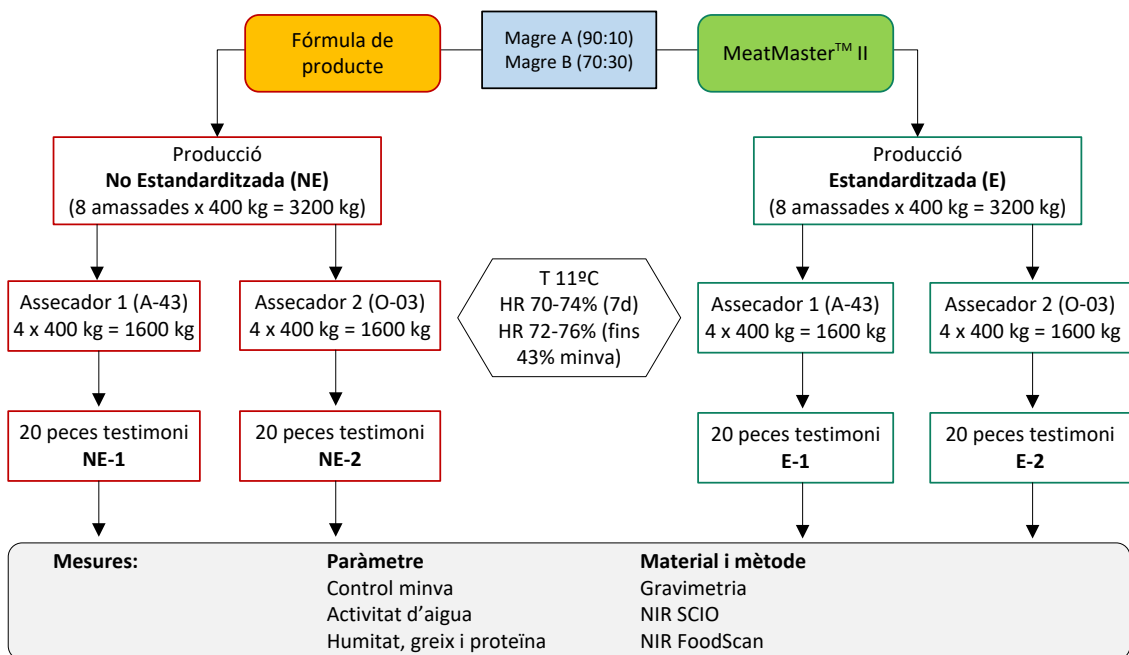


Figura 20 Anàlisi magres i documents generats per l'equip

#### 5.2.4 Avaluació de les millores atribuïdes a la implantació de la tecnologia RX sobre el temps de curat, l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició del producte final.

El disseny experimental per l'avaluació del potencial de millora en l'estandardització de la llonganissa extra tradicional es mostra en la Figura 21.

Es va partir d'un lot de producció d'un total de 6400kg de carn. La meitat de la carn (3200kg) es va utilitzar per elaborar el producte a partir de 8 amassades de 400 kg cadascuna, seguint el procediment habitual basat en la fórmula de producció establerta a la indústria. En l'altra meitat (3200 kg) es utilitzar l'equip de RX per estandarditzar el contingut en greix de la formulació. El procediment d'estandardització va consistir en corregir el percentatge de greix, afegint més o menys quantitat de la carn magre tipus A o B en funció de la lectura de greix obtinguda amb l'analitzador de RX, fins a assolir l'objectiu de greix del  $15\pm 1\%$  per cadascuna de les 8 amassades.



**Figura 21** Disseny experimental

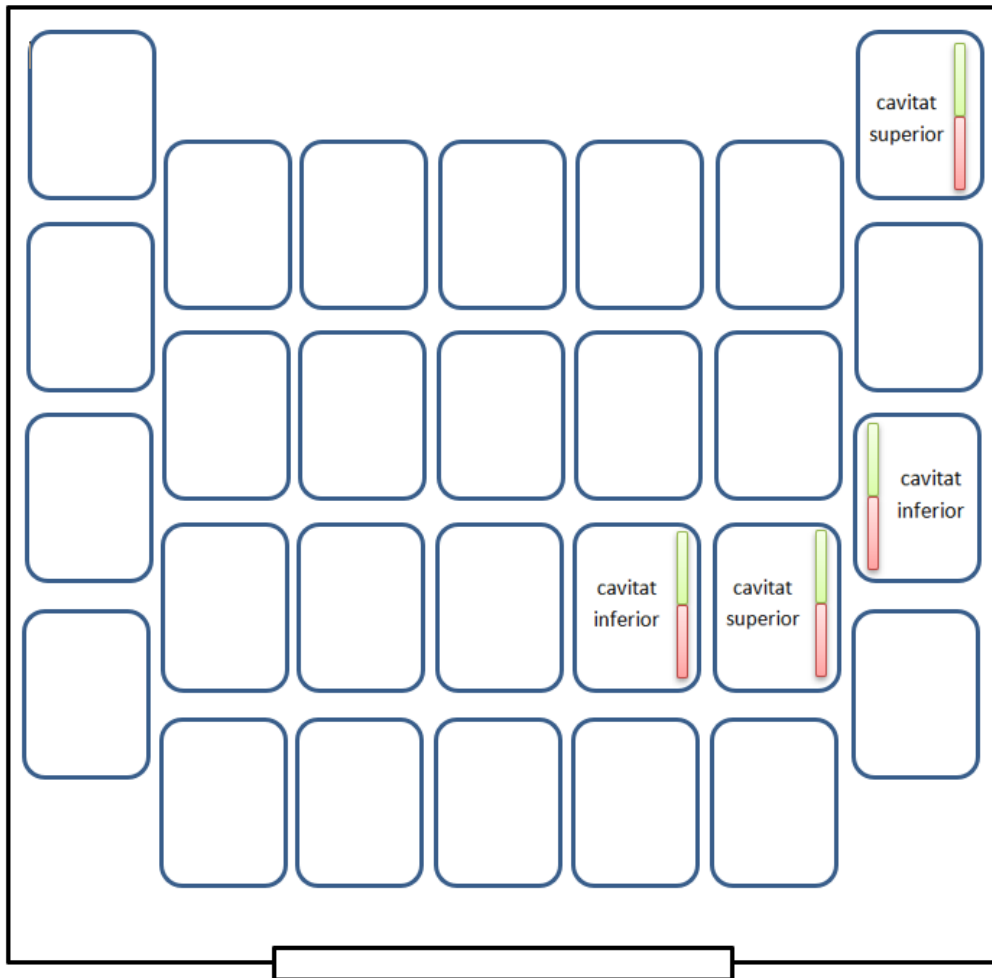


**Figura 22** Procés d'elaboració dels lots, mesura i correcció del greix, picat, amassat i embotit

Els lots es van elaborar (Figura 22) de forma consecutiva i sota els mateixos paràmetres productius de temps i temperatures de processament, evitant biaixos entre peces no estandaritzades i estandaritzades associats al processament. Es va controlar el procés per no donar lloc a defectes d'embarat, i evitar diferències de pressions d'embotició, etc., que també podrien afectar al producte.

L'empresa disposa de dues marques d'assecadors diferents per portar a terme l'etapa d'assecatge de la llonganissa: Refrica A-43 (Assecador 1) i Nou Fred O-03 (Assecador 2). A cada assecador s'hi van col·locar les peces procedents de quatre amassades de cada producció (NE i E) (Figures 24 i 26). Concretament, es va fer el seguiment individual de 20 peces de cada grup.

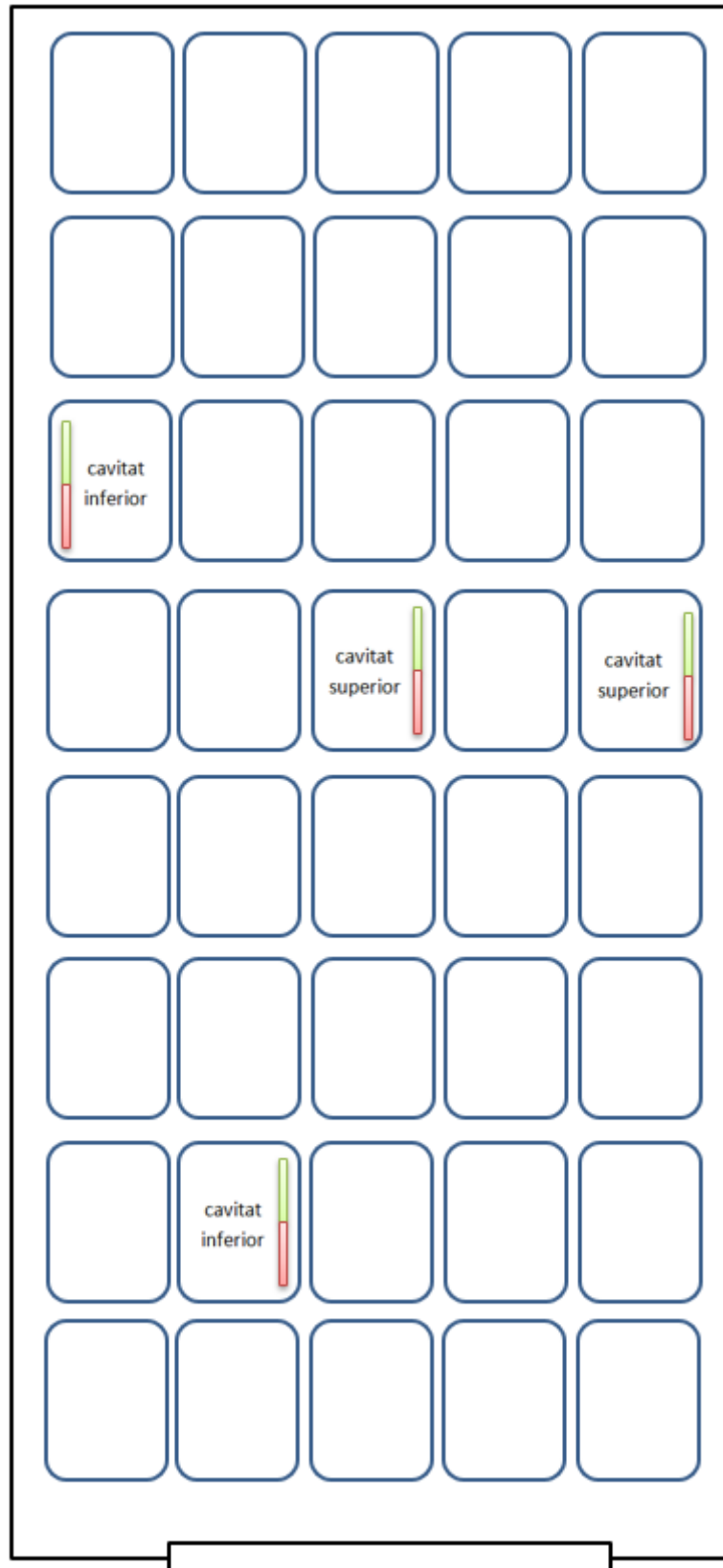
De cada amassada es van seleccionar i marcar 5 peces amb una etiqueta identificativa, que es van col·locar en una mateixa posició als assecadors, tal com mostren les figures 23 i 25.



**Figura 23** Esquema de col·locació de les peces a l'assecador 1, en vermell 5 peces no estandarditzades (1-NE) en verd 5 peces estandarditzades (1-E) de cadascuna de les 4 amassades. La cavitat fa referència als dos pisos de les gàbies on es penjen les peces.



**Figura 24** Peces de l'assecador 1 en procés d'assecatge



**Figura 25** Esquema de col·locació de les peces a l'assecador 2, en vermell 5 peces no estandarditzades (2-NE) en verd 5 peces estandarditzades (2-E) de cadascuna de les 4 amassades. La cavitat fa referència als dos pisos de les gàbies on es penjen les peces.



**Figura 26** Peces de l'assecador 2 en procés d'assecat

Els dos assecadors es van regular amb els paràmetres d'humitat, temperatura i ventilació prèviament definits per aquest producte (Taula 6). Les peces es van mantenir en els assecadors fins a assolir la minva de pes objectiu, que per aquest producte està definida en un 43%.

**Taula 6** Consignes d'assecador

Etapa d'assecat	Dies	T (°C)	HR%
1	7	11	70-74
2	fins a assolir minva objectiu del 43%	11	72-76

Tanmateix, poden existir diferències d'assecatge provinents del propi funcionament de l'assecador i associades a les diferències d'humitats i cabals d'aire entre diferents punts d'aquest i també a la distribució i la càrrega de producte.

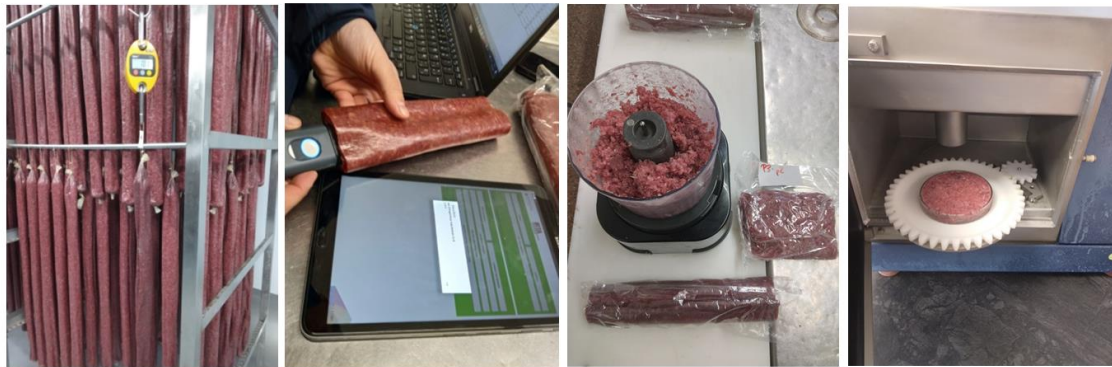
La distribució de les peces es va fer en diferents punts que engloben parts centrals i parts laterals i també cavitats inferior i superiors, col·locant 5 peces estandarditzades i 5 peces no estandarditzades en cada localització indicada a les figures 21 i 23.

Totes les peces es van identificar i pesar de forma individual a l'inici i al final del procés d'assecatge. Per determinar el pes es va utilitzar un dinamòmetre de ganxo Gram CR – 30kg/10g. L'assecatge es va donar per finalitzat en el mateix moment per tot el lot i es va calcular la minva d'assecatge del total de 80 peces.



La determinació d'activitat d'aigua es va fer sobre una porció central de cada peça amb el NIR SCIO (model 03 EMBOTITS CURATS-EMBUTIDOS CURADOS – aw Llonganissa-Salchichón C+S) realitzant 3 mesures a l'interior de cadascuna de les peces i calculant la mitjana.

Posteriorment es van homogeneïtzar les porcions d'aproximadament 200g amb una picadora Moulinex 1.2.3 Ultimate i es van envasar al buit per procedir a l'anàlisi, amb FoodScan™, dels valors percentuals d'humitat, greix i proteïna. Es va calcular la mitjana dels valors obtinguts de les peces procedents de la mateixa amassada (Figura 27).



**Figura 27** Control minves curació, activitat d'aigua i paràmetres nutricionals

## 6. RESULTATS I DISCUSSIÓ

### 6.1 Ajust del calibratge inicial de l'equip Meatmaster™ II

En la Taula 7 es presenten els resultats dels percentatges de greix determinats amb l'equip Meatmaster™ II calibrat d'origen i amb l'equip FoodScan™ 2 (mètode de referència) per cadascuna de les 9 mostres seleccionades per poder fer l'ajust de calibratge i en les dues formes d'anàlisi que permet l'aparell: carn dipositada directament sobre la cinta de transport o bé en l'interior de contenidors (caixes E2).

**Taula 7** Percentatges de greix determinats amb l'equip Meatmaster™ II i amb l'equip FoodScan™ 2 (mètode de referència) de les mostres seleccionades per l'ajust del calibratge inicial ( $\bar{X} \pm sd$ , n=3)

Mostra	MeatMaster™ II (calibratge d'origen)		FoodScan™ 2
	Sense contenidor	En caixa E2	
1	6,92 ± 0,11	9,71 ± 0,10	8,86 ± 0,34
2	12,92 ± 0,03	16,09 ± 0,25	13,29 ± 0,17
3	14,77 ± 0,18	17,72 ± 0,17	16,83 ± 0,11
4	19,92 ± 0,21	22,69 ± 0,15	21,72 ± 0,34
5	32,66 ± 0,17	35,32 ± 0,13	36,30 ± 0,21
6	40,66 ± 0,41	42,77 ± 0,13	44,38 ± 0,43
7	51,05 ± 0,11	52,90 ± 0,04	52,34 ± 0,23
8	59,96 ± 0,21	61,77 ± 0,33	58,94 ± 0,54
9	75,72 ± 0,41	76,96 ± 0,31	74,10 ± 0,48

Per les mostres de carn sense contenidor, es pot observar que la desviació de les lectures del MeatMaster™ II respecte als valors de referència presentava un comportament diferent segons el contingut real de greix de les mostres analitzades. L'aparell de RX proporcionava una infraestimació del 2,12% de mitjana, en les mostres que contenien fins un 52% de greix i una sobrestimació del 1,32% per les mostres amb percentatges de greix superiors (59 i 74%).

Per les mostres analitzades en caixes E2, les lectures amb el MeatMaster™ II eren sempre superiors a les que es determinaven amb el FoodScan™ 2, amb una desviació mitjana del 1,02% i amb un rang des de 0,56 fins a un 2,86%.

També podem observar que les lectures de l'aparell de RX eren de l'ordre d'un 2,37% superiors per les mateixes mostres de carn quan s'analitzaven en l'interior de caixes E2. Aquest és doncs

el valor mitjà d'atenuació que inclourà el model matemàtic ajustat per a l'anàlisi d'aquest tipus de mostres.

La correcció del pendent/intersecció de l'equip es va realitzar satisfactòriament introduint al software de l'aparell els valors de referència obtinguts amb el FoodScan™ 2. Això va permetre ajustar les determinacions fetes amb el sistema de RX a les que proporcionava el sistema de referència validat per l'empresa, per a les dues presentacions.

## 6.2 Anàlisi de variabilitat del producte previ a la implantació de l'equip MeatMaster™ II

Es va analitzar la composició de 21 peces acabades de llonganissa extra tradicional (Taula 8) per tal de determinar la variabilitat que presentava aquest producte en el moment de la seva comercialització.

**Taula 8** Variabilitat en la composició de la llonganissa extra tradicional (n=21)

Paràmetre:	Humitat (%)	Proteïna (%)	Greix (%)	a <sub>w</sub>
$\bar{X} \pm sd$	34,15 ± 3,13	25,65 ± 2,23	28,69 ± 3,40	0,89 ± 0,01
Valor màxim	39,90	31,40	34,85	0,90
Valor mínim	29,11	23,12	20,47	0,86
C.V (%)	9,18	8,69	11,85	1,39

Les determinacions realitzades amb el FoodScan™ 2 van permetre constatar l'heterogeneïtat en la composició de les peces corresponents a un mateix producte que comercialitza l'empresa. Es van obtenir diferències superiors al 10% en contingut d'humitat, lleugerament inferiors al 8% en proteïna i superiors al 14% en percentatge de greix.

Aquesta variabilitat comporta que algunes de les peces s'allunyin de la informació nutricional que apareix en l'etiquetatge d'aquest producte, on es declaren uns continguts aproximats de greix del 33% i de proteïna del 32%, que coincidirien només amb els valors màxims determinats analíticament. Tanmateix, és important destacar que aquesta elevada variabilitat en la composició no compromet, en cap cas, les especificacions legals relacionades amb la categoria comercial del producte, que per la llonganissa extra es situen en ≤ 57% de greix i ≥30% de proteïna (sobre extracte sec) i també que els valors d'a<sub>w</sub> es van trobar sempre per sota de 0,92, dins els marges de seguretat establerts pels embotits curats de pH superior a 5.

Tot i així, les dispersions observades justifiquen l'interès per part de l'empresa de reduir la variabilitat del producte final mitjançant la implementació de l'equip de RX.

### 6.3 Anàlisi variabilitat carns i proveïdors

En les taules següents es presenten els continguts mitjans de greix de varis lots de magre tipus A (90/10) (Taula 9) i de magre tipus B (70/30) (Taula 10), subministrats per diferents proveïdors de matèries primeres de l'empresa.

**Taula 9** Contingut de greix i variabilitat pel magre tipus A (90/10) ( $\bar{X} \pm sd$ )<sup>(1)</sup>

Proveïdor	Lots de magres comercials							Total proveïdor
	1	2	3	4	5	6	7	
1	11,83 ± 4,21	11,81 ± 5,21	13,56 ± 4,80	9,60 ± 2,33	13,32 ± 3,43	9,98 ± 3,30	13,38 ± 4,46	<b>11,93 ± 1,63</b> <b>(13,67)</b>
2	12,25 ± 2,21	21,81 ± 2,57	12,15 ± 3,43					<b>15,40 ± 5,55</b> <b>(36,02)</b>
3	11,43 ± 3,42	11,59 ± 3,03	13,02 ± 3,14	13,54 ± 6,78	13,63 ± 2,14	12,70 ± 3,45	12,13 ± 2,10	<b>12,58 ± 0,89</b> <b>(7,06)</b>
4	12,70 ± 1,92	12,02 ± 2,06	12,40 ± 3,34	17,53 ± 2,77	16,87 ± 1,93	15,86 ± 2,81		<b>14,56 ± 2,47</b> <b>(16,94)</b>
5	9,76 ± 1,51	11,16 ± 1,62	10,28 ± 7,27					<b>10,40 ± 0,71</b> <b>(6,80)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12,93 ± 2,65</b> <b>(20,46)</b>							

<sup>(1)</sup> Valors entre parèntesi = coeficients de variació (%)

En la Taula 9, la desviació estàndard mostrada en cadascuna de les caselles dels lots de magre individual indica la variabilitat existent entre les diferents mesures de les mostres de carn que conformen el propi lot; mentre que la desviació estàndard mostrada en el total de proveïdor es refereix a la variabilitat entre els valors mitjans de greix dels lots mesurats per cada proveïdor en concret. Finalment, la desviació estàndard total fa referència a la variabilitat de les mitjanes de greix de totes les compres de magre A, amb independència del proveïdor.

De forma global, el contingut total de greix mitjà del magre A es situa en 2,93% per sobre de l'objectiu de compra, situat en el 10%. S'observa que la majoria dels lots analitzats presenten continguts de greix al voltant d'aquest valor, només dos lots de carn es troben per sota d'aquest objectiu i tres lots presenten un excés molt important de greix, amb mitjanes per sobre del 16%. Tanmateix, la diferència entre els continguts mínim (9,76%) i màxim (21,81%) és de més del 12%. En conseqüència, el coeficient de variació obtingut de l'anàlisi conjunta de tots els lots és excessivament elevat i impossibilita assolir un contingut en greix uniforme dels productes on s'incorpora aquest magre si no es disposa d'un sistema que permeti reduir la variabilitat de composició en les primeres etapes del procés d'elaboració.

El proveïdor 5 és el que més a prop es troba de l'objectiu de greix, i presenta un valor que es considera òptim per l'empresa, seguit dels proveïdors 1 i 3, que presenten valors de greix que

es podrien considerar acceptables però amb marges de millora; mentre que els proveïdors 2 i 4 presenten valors no acceptables ja que es situen per sobre del 3% de l'objectiu.

Fins al moment, els proveïdors 2 i 4 presenten també una major variabilitat entre els diferents lots lliurats a l'empresa, molt superiors a la dels proveïdors 3 i 5, mentre que el proveïdor 1 presenta un valor entremig d'aquests dos grups.

Fins i tot quan els continguts mitjans de greix es poden considerar acceptables, també es pot observar que existeix variabilitat dins de cadascun dels lots. Els lots més homogenis presenten desviacions estàndard baixes (1,51), que indiquen que el contingut de greix és similar en les diferents caixes de carn que el conformen. Però hi ha algun lot on la desviació de les diferents caixes arriba fins al 7,27. És interessant veure com un mateix proveïdor, en aquest cas el número 5, és el que ha subministrat els lots corresponents a aquests valors extrems d'homogeneïtat de lots. En aquest sentit, el proveïdor 4 és el que subministra lots més homogenis, amb menys fluctuacions, tot i que ja s'ha comentat anteriorment que la mitjana de greix es considera incorrecte.

És important remarcar que aquest estudi és dinàmic en el temps, amb valors sempre canviants a mesura que van entrant més lots de carn, i aquest fet justifica la necessitat d'establir el control exhaustiu de forma contínua sobre els diferents lots de carn comprada. La informació que es va obtenint a mesura que es va conformant l'estudi es pot incorporar com a un nou paràmetre d'avaluació del proveïdor, juntament amb els altres que ja té descrits l'empresa, com són el preu, la puntualitat en els lliuraments, la temperatura i condicions higièniques en el moment de la recepció, etc., formant un conjunt d'indicadors que permeten catalogar cada proveïdor. Fins al moment, els proveïdors 2 i 4 es postulen com els menys fiables, degut a l'excés de greix i/o la variabilitat en els diferents lliuraments, mentre que els proveïdors 1, 3 i 5 es perfilen com a més adequats pels interessos de l'empresa.

Per últim, exercir el control dels lots de carn també ha de permetre emprendre mesures puntuals en cas de trobar desviacions en el contingut mitjà de greix en alguna de les compres de carn. Aquestes mesures poden anar des d'avisos de no-conformitat o penalitzacions econòmiques fins la deshomologació del proveïdor, en cas d'incompliments reiterats de les especificacions de compra; sempre tenint en compte els marges d'error descrits per l'equip de RX (taula 4). Aquest control de ben segur farà millorar de forma important les matèries primeres subministrades pels proveïdors, facilitarà la gestió i repercutirà en el rendiment de l'empresa.

**Taula 10** Contingut de greix i variabilitat pel magre tipus B (70/30) ( $\bar{x} \pm sd$ ) <sup>(1)</sup>

Proveïdor	Lots de magres comercials					Total proveïdor
	1	2	3	4	5	
2	27,54 ± 2,70	24,94 ± 3,81	25,09 ± 2,46	27,06 ± 3,86	27,01 ± 4,76	<b>26,33 ± 1,21</b> <b>(4,62)</b>
3	19,07 ± 5,23	28,6 ± 4,05	15,01 ± 2,37			<b>20,89 ± 6,97</b> <b>(33,39)</b>
5	27,13 ± 6,70	40,97 ± 6,11	32,13 ± 7,27			<b>33,41 ± 7,01</b> <b>(20,98)</b>
6	23,69 ± 2,91					<b>23,69</b>
7	35,39 ± 4,39	40,99 ± 3,69	21,13 ± 2,20			<b>32,50 ± 10,24</b> <b>(31,50)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>27,71 ± 7,28</b> <b>(26,28)</b>					

<sup>(1)</sup> Valors entre parèntesi = coeficients de variació (%)

De forma global, la mitjana de greix dels lots que l'empresa adquireix del magre B es situen en 2,29% inferior al objectiu de compra, tot i això, s'observa que la variabilitat existent entre les mitjanes dels diferents lots és molt alta, amb lots que es troben per sobre del 40% i altres que es troben per sota del 20%, amb una diferència màxima entre ells de 25,98%. Aquesta diferència entre màxim i mínim del magre B és el doble que en el cas del magre A, i segurament també és responsable de la major part de les variacions en el contingut de greix de les amassades de llonganissa extra tradicional.

Si s'avaluen els proveïdors de forma individual, deixant de banda el proveïdor 6 que presenta un valor molt satisfactori però que correspon a l'anàlisi d'un únic lot, s'observa que existeixen grans diferències entre els proveïdors homologats per aquest tipus de magre. El proveïdor 2 destaca respecte als altres per l'estabilitat que presenten els diferents lots, amb una mitjana de greix satisfactòria que es troba un 3,67% per sota de l'objectiu, i sense cap lot de carn amb mitjana de greix superior al 30%. El proveïdor 3 mostra una mitjana de greix d'aproximadament un 10% inferior respecte l'objectiu de compra, però una variabilitat entre els diferents lliuraments més alta que en el cas del proveïdor 2. Malgrat que s'allunyin del contingut objectiu (30% de greix), tenint en compte que un percentatge més alt de greix comporta una depreciació del preu de compra de la matèria primera, el fet que es subministri carn més magre del que correspon segons la categorització es pot considerar beneficiós per l'empresa. És per això que ambdós proveïdors, de moment, es podrien considerar favorables. Els lots de carn dels proveïdors 5 i 7, en canvi, presenten valors de greix d'entre el 3 i 4,5% superiors a l'objectiu de compra, amb alguns lots que superen fins i tot el 40%, resultats que l'empresa defineix com a no satisfactoris.

La desviació estàndard i el coeficient de variació del total també són certament alts en el cas del magre B. Aquesta variabilitat, juntament amb el sistema de producció tradicional en que

les pesades de carn es realitzen sempre en base a la fórmula de producte, són els principals responsables de la variabilitat entre les diferents amassades que conformen un lot producció de la llonganissa extra tradicional.

A través de la incorporació de l'equip de RX, l'empresa, a part d'aconseguir l'estandardització de la producció (determinada en l'apartat 5.4), també pot estar en condicions d'adquirir un important avantatge competitiu. Si s'abandona el sistema de pesatge de les carn seguint la fórmula de producte, on sempre es pesen exactament els mateixos kg de cada magre per cada amassada, i en el seu lloc s'adopta el sistema de correcció del contingut de greix a través de l'equip MeatMaster™ II, es podran seleccionar els proveïdors i/o els tipus de magres i greixos més adequats per aconseguir el percentatge de greix desitjat. Per exemple, comprar una determinada referència de magre B al proveïdor o proveïdors que menys contingut de greix aporten històricament (proveïdor 2, taula 10) que és d'aproximadament el 26%, implicarà que per assolir el contingut desitjat de greix per amassada ( $15\pm 1\%$  en la llonganissa extra tradicional) s'haurà de fer servir menor quantitat del magre A, que és econòmicament més car que el magre B, i per tant això permetrà disminuir de forma directa el cost imputat de matèria primera per amassada i per lot de producció.

Es pot expressar com un balanç de masses on el total del kg està determinat per la capacitat de l'amassadora (400kg) i el contingut de greix desitjat (15%):

$$m_{\text{magre } A}[\%greix_A] + m_{\text{magre } B}[\%greix_B] = 400kg[15\%]$$

El contingut a afegir en kg de cada tipus de magre ve determinat per el contingut de greix de cadascun d'ells i per l'objectiu final del 15%.

Tenint en compte el balanç es pot calcular el cost per amassada en funció dels preus de cadascun dels magres comercials i en cada moment de temps, i canviar o afegir a l'equació altres tipus de magres comercials per tal d'optimitzar els costos amb la seguretat de complir amb l'objectiu del 15%. D'aquesta manera, es poden comprar magres comercials amb un percentatge de greix predefinit, però amb l'objectiu per part de l'empresa d'adquirir els que menor quantitat de greix presentin, per tal de reduir els costos de producció.

En casos com aquest, canviar la fórmula de producte contemplant d'inici aquest 26% de greix no seria vàlid ja que el proveïdor podria fer lliuraments puntuals amb continguts de greix del 30% i no estaria incomplint en cap cas l'acord comercial, propiciant continguts de greix en amassades fora de l'objectiu. A més, l'empresa no pot limitar les seves compres de carn a un sol o a pocs proveïdors, ja que es reduiria la seva capacitat de negociació i per tant perdria competitivitat.

De la mateixa manera es poden prendre accions com la de comprar altres referències comercials amb diferents contingut de greix que els magres A i B, aconseguint una mescla en cada amassada que contingui l'objectiu de greix de forma més econòmica, i per tant, reduint també els costos de forma directe. Essent possible arribar a l'expressió general final:

$$\sum (m[\%greix])_n = m_{total}[\%greix_{total}]$$

On el sumatori de les diferents masses de tots els possibles magres amb el seu contingut de greix, han d'assolir l'objectiu final de pes i greix desitjat per l'empresa.

Els preus de mercat de les referències comercials de magres i greixos estan en constant canvi dins la indústria càrnia, amb fortes fluctuacions en els darrers anys. Aquests tenen una gran influència en els costos de producció d'empreses transformadores que parteixen d'aquestes referències com a matèria primera per les seves elaboracions. Tenir l'equip de RX implantat en línia i fer el control i seguiment dels proveïdors i tipus de carn esdevé una peça essencial per l'optimització de costos sense perjudicar l'objectiu de greix desitjat en el producte final.

Aquest estudi, i la forma de tractar les dades de cada tipus de magre i proveïdor configuren la base de treball pel control de les matèries primeres en el futur més immediat de l'empresa.

#### 6.4 Avaluació de les millores atribuïbles a la implantació de la tecnologia RX sobre el temps de curat, l'activitat d'aigua ( $a_w$ ) i la composició del producte final.

En la Taula 11 es presenten els resultats del contingut de greix de la carn utilitzada en cadascun dels processos d'amassat, determinats amb la tecnologia de RX.

**Taula 11** Contingut de greix (%) en la carn no estandarditzada (NE) i estandarditzada (E) de cadascuna de les amassades

AMASSADES	NE	E
1	12,43	14,11
2	16,73	14,31
3	17,88	14,63
4	18,75	15,71
5	13,51	14,07
6	16,09	15,53
7	17,86	15,54
8	19,71	15,65
$\bar{X} \pm sd$	<b>16,62 ± 2,53</b>	<b>14,94±0,73</b>
CV (%)	<b>15,21</b>	<b>4,89</b>

Es pot observar que en les amassades no estandarditzades (NE), on es va partir de la fórmula de producció per fer la barreja de magre A (90/10) i magre B (70/30), es van obtenir mesclades



amb una dispersió molt elevada en el contingut de greix, amb valors que van presentar més d'un 7% de diferència entre el contingut mínim (12,43%) i el màxim (19,71%) i un coeficient de variació superior al 15%. Dues de les vuit amassades no van arribar al contingut de greix objectiu, situat al  $15 \pm 1\%$ , i les altres sis el van superar, en el cas més desfavorable amb una desviació de gairebé un 5%.

En canvi, en les amassades estandarditzades (E), on es van utilitzar les determinacions de greix fetes per RX per corregir les proporcions de cada tipus de magre (A i B), es va aconseguir ajustar la mitjana del contingut de greix a l'objectiu fixat per l'empresa en totes les mesclades, es va reduir el coeficient de variació a aproximadament un 5% i la diferència entre el contingut mínim (14,07%) i el màxim (15,71%) a només un 1,64%.

Després de l'etapa d'embotició, es van identificar 5 peces de cadascuna de les amassades i es van distribuir entre els dos assecadors. D'aquesta manera es va poder fer el seguiment d'un total de 80 peces, 40 en cada assecador: 20 procedents d'amassades NE i 20 procedents d'amassades E. La durada de l'etapa d'assecatge es va allargar 30-31 dies, el temps necessari per assolir una minva del 43%.

A la taula 14 es presenten els resultats de la caracterització de les peces de cada cambra en finalitzar l'etapa d'assecatge.

**Taula 12** Característiques de les peces de llonganissa extra tradicional al final de l'etapa d'assecatge en cadascun dels assecadors ( $\bar{X} \pm sd$ ,  $n=20$ ) <sup>(1)</sup>

	Producció	Minva curació (%)	$a_w$	Humitat (%)	Greix (%)	Proteïna (%)
1. Assecador 1 (A-43)	NE-1	43,40 $\pm$ 3,18 (7,34)	0,889 $\pm$ 0,015 (1,73)	36,26 $\pm$ 1,55 (4,26)	23,24 $\pm$ 2,63 (11,30)	29,42 $\pm$ 3,31 (11,25)
	E-1	44,02 $\pm$ 1,32 (3,01)	0,889 $\pm$ 0,011 (1,25)	36,11 $\pm$ 2,14 (5,93)	20,83 $\pm$ 0,73 (3,48)	31,25 $\pm$ 1,34 (4,30)
2. Assecador 2 (O-03)	NE-2	42,27 $\pm$ 1,45 (3,42)	0,879 $\pm$ 0,015 (1,73)	36,18 $\pm$ 0,71 (1,97)	24,41 $\pm$ 3,67 (15,05)	28,18 $\pm$ 2,34 (8,32)
	E-2	43,31 $\pm$ 0,78 (1,81)	0,877 $\pm$ 0,013 (1,50)	36,08 $\pm$ 0,90 (2,50)	22,67 $\pm$ 1,65 (7,28)	29,70 $\pm$ 1,27 (4,29)

<sup>(1)</sup> Valors entre parèntesi = coeficients de variació (%)

En la Taula 12 els coeficients de variació permeten observar que en les dues cambres d'assecatge es van aconseguir millores en l'estandardització de minves, activitat d'aigua, i percentatge de greix i proteïna del producte final. Es va aconseguir reduir aproximadament a la meitat la dispersió en minves, millorar en 0,2% la dels valors d'activitat d'aigua, i reduir entre dues i tres vegades la variabilitat en els percentatges de greix i proteïna.

Tot i que en ambdós assecadors es van apreciar les millores, es pot observar que la variabilitat de les minves en el cas de l'assecador 1 (A-43), on el coeficient de variació passa del 7,34%

(NE-1) al 3,01% (E-1), és major que en l'assecador 2 (O-03), on el coeficient de variació passa del 3,42% (NE-2) al 1,81% (E-2). Aquestes diferències es poden atribuir a les pròpies cambres d'assecatge, ja que l'assecador 1 és més antic, té menor potència i ofereix menys marge per optimitzar la col·locació i distribució de les peces com a conseqüència del disseny de les gàbies. Totes aquestes limitacions afecten la circulació d'aire i acaben generant més desigualtats entre les diferents peces que conformen el lot. Aquesta observació permet concloure que el procés d'assecatge també és fonamental per l'estandardització del producte final; tot i això la correcció del contingut de greix inicial va permetre reduir la variabilitat en minves en els dos assecadors.

Estandarditzar les minves de curació, es a dir, el temps que necessiten les diferents peces que conformen el lot per assolir la minva objectiu, facilita la gestió de la producció ja que possibilita finalitzar l'etapa d'assecatge de tot el conjunt al mateix moment de temps amb la seguretat de no tenir peces excessivament sobre o sub-minvades. Aquest fet, també representa un avantatge competitiu molt gran en el cas que l'empresa decidís adoptar l'opció de finalitzar l'etapa d'assecatge de les gàbies en diferents períodes de temps per tal d'evitar diferències de curacions quan les minves no estan estandarditzades, ja que aquest sistema implica un augment dels recursos molt important, i en cap cas es podria aconseguir el mateix nivell d'estandardització ja que les peces de diferents amassades queden parcialment mesclades en les gàbies de curació, per tant aquest sistema seria imprecís.

Si es consideren de forma conjunta per una banda les produccions No Estandarditzades, i per l'altra banda les produccions Estandarditzades, sense tenir en compte l'assecador, i entenent que per l'empresa és una mateixa referència de producte final amb independència d'on s'ha portat a terme l'assecatge, es poden comparar de forma directa els dos tipus de produccions (Taula 13).

**Taula 13** Variabilitat en la composició i característiques físico-químiques de la llonganissa extra tradicional elaborada amb carn no estandarditzada (NE) i estandarditzada (E)

Producció	Estadístic	Minva curació (%)	aw	Humitat (%)	Greix (%)	Proteïna (%)
NE	$\bar{X} \pm sd, n=40$	42,83 $\pm$ 2,51	0,880 $\pm$ 0,016	36,22 $\pm$ 1,16	23,83 $\pm$ 3,14	28,80 $\pm$ 2,84
	mín. – màx.	39,21-48,56	0,851-0,916	34,66-38,81	18,87- 29,49	25,48-34,07
	CV (%)	5,85	1,81	3,21	13,19	9,88
E	$\bar{X} \pm sd, n=40$	43,66 $\pm$ 1,13	0,880 $\pm$ 0,013	36,09 $\pm$ 1,59	21,76 $\pm$ 1,56	30,48 $\pm$ 1,50
	mín. – màx.	41,36-45,60	0,859-0,907	32,74-38,87	19,65-23,97	28,39-32,92
	CV (%)	2,59	1,50	4,40	7,16	4,91

En les peces elaborades amb el sistema No Estandarditzat s'observen minves que van des del 39,21% al 48,56%, mentre que les peces elaborades amb el sistema Estandarditzat presenten

valors molt més propers entre ells que van del 41,36% al 45,60% i que representen una reducció de la variabilitat de més de la meitat respecte les NE.

També s'aconsegueix reduir la variabilitat en l'activitat d'aigua, mostrant un valor màxim de 0,907 en peces Estandarditzades, que es situa molt més llunyà al mínim normatiu de 0,92 que en el cas de les peces No estandarditzades, on el valor màxim és de 0,916.

Reduir la variabilitat en les minves de curació i els valors d'activitat d'aigua també ofereix a l'empresa un nivell de seguretat més alt si decideix emprendre determinades accions sobre el procés d'elaboració d'aquest producte. Accions com per exemple la de reduir lleugerament la minva objectiu del 43%, amb la seguretat que no s'acabin obtenint peces amb minves excessivament inferiors i que puguin presentar defectes organolèptics importants, o peces amb activitats d'aigua que podrien comprometre l'estabilitat i seguretat alimentària, amb valors propers o superiors al 0,92. Per descomptat, reduir la minva mitjana dels lots de producció representa un augment del rendiment productiu i per tant, un estalvi econòmic.

Reduir la variabilitat del contingut de greix i proteïna pot permetre a l'empresa moure l'objectiu de greix amb seguretat, per exemple ajustant millor l'objectiu de greix per amassada de cada producte amb la seguretat que el producte final no es trobarà mai fora del rang de valors desitjat. Això generaria també una oportunitat de reducció de costos si en el futur es decidís incrementar l'objectiu de greix.

Els coeficients de variació dels valors de greix i proteïna de les peces Estandarditzades es van reduir aproximadament a la meitat respecte les No Estandarditzades. En la producció NE es van observar diferències de greix entre valors màxims i mínim de fins 10,62% respecte una diferència de 4,32% en E. En contingut de proteïna, es va aconseguir reduir les diferències entre màxims i mínims de 9,22% en NE al 4,53% en E.

Es considera important esmentar que es van observar diferències de composició entre les peces NE d'aquest apartat i les de l'estudi de producte previ a la implantació (apartat 5.2), que s'havia fet amb 6 mesos d'anterioritat a l'estudi d'estandardització i amb mostres de 4 lots de producció diferents. Es pot veure que en el primer estudi les peces de llonganissa extra tradicional presentaven una mitjana del percentatge d'humitat més baix, major quantitat de greix i menor de proteïna, posant de manifest les fluctuacions en la composició de les produccions quan s'elabora a través de la fórmula de producte i sense un control exhaustiu dels lots de carn dels proveïdors. D'aquesta manera, no només es pot aconseguir l'estandardització del producte final entre les peces que conformen un lot productiu, sinó que els paràmetres de composició es poden mantenir constants amb independència de l'època de l'any, proveïdor, o lot de fabricació, oferint al consumidor final un producte de característiques molt més homogènies.

L'estandardització dels paràmetres de greix i proteïna permeten un etiquetatge nutricional molt més ajustat a la realitat sense la necessitat d'haver-hi de fer constar valors de greix més alts que les mitjanes de producció amb la finalitat d'evitar incidències i queixes de clients, com les de grans superfícies que exerceixen una gran pressió amb constants anàlisis físic-químiques. Tenir major variabilitat en el contingut de greix i proteïna implica que es comercialitzin unitats de venda que, tal com s'ha vist en els resultats d'aquest mateix apartat i

en l'estudi previ a la implantació (apartat 5.2), s'allunyen força dels declarats en l'etiqueta del producte comercialitzat. La reducció de la variabilitat en els paràmetres nutricionals permetrà a l'empresa ajustar molt millor la informació a la realitat en els seus etiquetatges i disminuir les incidències i penalitzacions de clients associades a anàlisis puntuals que posen de manifest aquestes desviacions.

És important remarcar que el grau d'estandardització del producte final també es veurà influenciat pel marge de tolerància que l'empresa defineixi en les amassada de producte, que en aquest va ser del  $15\pm 1\%$ , entenent que a mesura que es disminueix el marge de tolerància previsiblement també s'incrementarà el grau d'estandardització dels diferents paràmetres en el producte final.

L'estandardització del contingut de greix juntament amb el control de minves de curació, són els dos pilars fonamentals per aconseguir la major homogeneïtat possible en el producte final.

Els resultats d'aquest estudi en producte validen i posen de manifest la importància que té el contingut de greix en l'estandardització del temps de curat, l'activitat d'aigua i el paràmetres nutricionals en productes de la família dels embotits picats curats, les millores aconseguides en aquest apartat justifiquen la implementació d'aquesta tecnologia com a part essencial en la nova línia de picat i amassat de l'empresa, i representen el punt de partida per el posterior anàlisi de cada producte que elabora l'empresa durant la seva producció habitual.

## 7. APLICABILITAT

---

Aquest treball ha consistit en determinar la potencialitat d'un equip de RX, capaç d'analitzar en línia la composició de lots complets de carn, per estandarditzar els productes carnis curats que elabora l'empresa Boadas 1880.

El treball té una aplicabilitat directa en l'empresa ja que ha posat de manifest que l'equip de RX, incorporat en la línia de producció per deixar constància de la traçabilitat de cada lot de carn, permetrà també estandarditzar les característiques fisicoquímiques dels productes elaborats, introduir millores en el control de proveïdors, optimitzar l'ús de determinades matèries primeres, facilitar la gestió de les produccions, sobretot durant l'etapa d'assecatge, i ajustar la informació nutricional que apareix a l'etiquetatge dels productes. Totes aquestes millores poden tenir repercussions econòmiques positives i representar un increment substancial de la competitivitat de l'empresa.

La producció d'embotits curats picats de l'empresa és amplia i, tot i que el treball s'ha portat a terme amb la llonganissa extra tradicional, com a producte model, l'aplicació és perfectament vàlida per la resta de productes, siguin fermentats o madurats, i també per productes elaborats amb carns d'altres espècies com per exemple el gall dindi.

Certament la tecnologia de RX és igualment aplicable a la família dels salaons, els quals es podrien classificar tenint en compte el seu contingut en greix afavorint així l'homogeneïtat en el salatge i l'assecatge de les diferents peces i per tant l'estandardització de les característiques del producte final en aquesta família de productes.

## 8. CONCLUSIONS

---

- 1- L'ajust del calibratge inicial de l'equip de RX amb els propis magres de l'empresa és fonamental per garantir la fiabilitat de les mesures de greix. El calibratge d'origen, fet per part del fabricant amb carn de diferents animals, no és vàlid per determinar amb exactitud el contingut en greix de la carn fresca amb què es treballa a l'empresa.
- 2- La variabilitat de composició i característiques de la llonganissa extra tradicional elaborada amb anterioritat a la implementació de l'equip de RX es considera excessiva i justifica la necessitat de millora que es pretén aconseguir amb la nova tecnologia.
- 3- Els magres de porc comercials, que elaboren els escorxadors i sales de desfer i que s'utilitzen per a la producció dels embotits picats, presenten fortes variacions en el contingut en greix. S'ha observat una gran heterogeneïtat entre lots de la mateixa referència subministrats per diferents proveïdors, entre diferents lliuraments d'un mateix proveïdor i, fins i tot, dins d'un mateix lot de carn.
- 4- El sistema de producció tradicional a través de la fórmula de producte juntament amb l'heterogeneïtat que presenta la matèria primera són responsables de la variabilitat de les diferents amassades que conformen un lot de producció de la llonganissa extra tradicional.
- 5- L'equip de RX permet estandarditzar el contingut de greix de les amassades, modificant les proporcions dels diferents tipus de magre, i ajustar-lo millor a l'objectiu de producció.
- 6- La introducció de l'etapa d'estandardització implica un canvi important en gestió el sistema de treball de l'empresa ja que no es podran preparar amb anterioritat i de forma exacta els kg de cada tipus de magre per un lot de producció. A canvi, es genera una gran oportunitat d'optimització de costos i per tant un benefici econòmic si se seleccionen les referències de carn i els proveïdors adequats gràcies a l'històric de mesures que generarà l'equip, que pot proporcionar un increment significatiu de la competitivitat.
- 7- L'estandardització del contingut de greix de les diferents amassades que conformen un lot de producció de la llonganissa extra tradicional mitjançant l'equip de RX permet millorar el control de l'etapa d'assecatge, uniformitzant el temps necessari per assolir l'objectiu de minva, facilitant la gestió productiva dels lots de fabricació, i reduint la variabilitat del producte final ( $a_w$  i continguts en greix i proteïna).
- 8- Estandarditzar les minves de curació, l'activitat d'aigua, i els continguts de greix i proteïna del producte final augmenta el control de l'empresa sobre el seu producte, evitant posar al mercat productes que presentin desviacions en característiques sensorials i de seguretat alimentària, incrementant la fiabilitat i repetibilitat del producte i per tant la satisfacció del client final.

- 9- Per últim, reduir la variabilitat en el producte final pot generar major seguretat en futures decisions millorant la capacitat d'adaptació de l'empresa a situacions de mercat canviants, per exemple ajustant les minves d'assecatge o el contingut de greix de cada producte de forma més segura.

## 9. BIBLIOGRAFIA

---

AOAC. 2007. Official Method 2007.04 Fat, Moisture, and Protein in Meat and Meat Products FOSS FoodScan™ Near-Infrared (NIR) Spectrophotometer with FOSS Artificial Neural Network (ANN) Calibration Model and Associated Database. *Journal of AOAC International* 90(4):1073-83.

Arnau, J. 2011. Problemas de los embutidos crudos curados. *Eurocarne* 194: 50-65.

Brienne, J. P., Denoyelle, C., Baussart, H., Daudin, J.D. 2001. Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption. *Meat Science* 57 (3): 235-244.

Burns, D.A. i Ciurczak, E.W. 1992. Handbook of near infrared analysis. Recuperat de: [https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=6EEed1a0uka0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Burns,+D.A.+i+Ciurczak,+E.W.+\(1992\).+Handbook+of+near+infrared+analysis.&ots=L3abW4JUvw&sig=iYWymvqun\\_11C1\\_RQJkfyIGvbFw#v=onepage&q=Burns%2C%20D.A.%20i%20Ciurczak%2C%20E.W.%20\(1992\).%20Handbook%20of%20near%20infrared%20analysis.&f=false](https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=6EEed1a0uka0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Burns,+D.A.+i+Ciurczak,+E.W.+(1992).+Handbook+of+near+infrared+analysis.&ots=L3abW4JUvw&sig=iYWymvqun_11C1_RQJkfyIGvbFw#v=onepage&q=Burns%2C%20D.A.%20i%20Ciurczak%2C%20E.W.%20(1992).%20Handbook%20of%20near%20infrared%20analysis.&f=false) [Data de consulta: Desembre 2021]

CIEMAT, 2009. Curso de supervisores de instalaciones radioactivas (IR) Módulo básico. Tema 2: Interacción de la radiación con la materia. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Gobierno de España. Accessible a: [https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/133100241\\_2411200913036.pdf](https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/133100241_2411200913036.pdf) [Data de consulta: Novembre 2021]

Comaposada, J., Muñoz, I., Kartakoullis, A., Gou, P., 2018. Anàlisi metodològic del ús d'instruments miniaturitzats NIR low cost pel control en planta de paràmetres de qualitat i de procés en productes carnis fermentats i assecats. Document tècnic. Institut de Recerca de Tecnologies Agroalimentaries (IRTA).

Martel, J., Minvielle, F., Poste, L. M., 1988. Effects of crossbreeding and sex on carcass composition, cooking properties and sensory characteristics of pork. *Journal of Animal Science* 66 (1): 41-46.

Pérez, P. 2018. Curso de Dosimetría: Tubos de Rayos X. Facultad de Matemáticas, Astronomía, Física y Computación (FAMAF). Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Accessible a: <https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cdr/tubos-de-rayos-x.html> [Data de consulta: Desembre 2021]

Lindshield, B. 2018. Triglycerides a Human Nutrition Flexbook. Kansas State University. Accessible a: <http://goo.gl/vOAnR> [Data de consulta: Novembre 2021]

Rebuffel, V., i Dinten, J.M., 2007. Dual-energy X-ray imaging: benefits and limits. *Insight-non-destructive testing and condition monitoring* 49 (10): 589-594.

REGLAMENT (CE) No 1333/2008 DEL PARLAMENT EUROPEU i DEL CONSELL de 16 de desembre de 2008 sobre additius alimentaris. Diari oficial de la Unió Europea L354/16, 31/12/2008.



Reial Decret 474/2014, de 13 de juny, pel qual s'aprova la norma de qualitat de derivats carnis. Boletín Oficial del Estado, 18 de juny de 2014, núm. 147.

REGLAMENT (CE) no 2073/2005 DE LA COMISSIÓ de 15 de novembre de 2005 relatiu a criteris microbiològics aplicables als productes alimentosos. Diari oficial de la Unió Europea L338/1, 22/12/2005.

FOSS Analytical, 2020a. MeatMaster™ II Manual del usuario 6004 9742/Rev.12.

FOSS Analytical, 2020b. FoodScan™ con ISIScan™ Manual del usuario 6004 0595/Rev.4.

Valero, T., del Pozo, S., Ruiz, E., Ávila, J., Varela, G., 2010. Guía nutricional de la carne. Fundación Española de la Nutrición. Federación Madrileña de Detallistas de la Carne. FEN-FEDECARNE.

Xia, Y., Xu, Y., Li, J., Zhang, C., Fan, S., 2019. Recent advances in emerging techniques for non-destructive detection of seed viability: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture* 1: 35-47.