

Deshidratació solar de pebre vermell de la varietat *Tap de cortí*

Autors:

Carme Rosselló Matas
Susana Simal Florindo
Antoni Femenia Marroig
Carme Garau Taberner
África Castell Palou
UIB

Dipòsit legal: PM-382-2007
ISBN: 84-690-2598-8
Imprimeix: Gràfiques Rubines

AGRAÏMENTS

Els autors volen agrair el suport econòmic de la Conselleria d'Agricultura i Pesca i de les empreses Procam (Manacor) i embotits Aguiló (Sóller).

El nostre més sincer agraïment als membres del jurat de tast de l'Associació per al foment dels aliments de les Illes Balears, ja que sense la seva experiència i entusiasme aquest projecte no hauria estat possible.

Finalment, volem agrair molt especialment tot l'ajut rebut per part dels senyors Joan Rallo, Bartomeu Mayol i Andreu Juan, de la Conselleria d'Agricultura i Pesca, per la seva tasca d'assessorament tècnic i pels suggeriments rebuts, que han contribuït sens dubte a la millora d'aquesta obra.

MOTIVACIÓ

Les denominacions d'origen i les indicacions geogràfiques constitueixen el sistema utilitzat en el nostre país per al reconeixement d'una qualitat superior, conseqüència de les característiques pròpies i diferencials de cada producte.

La sobrassada és un embotit cru curat, elaborat amb carns de porc (magre i xulla) picades, condimentades amb pebre vermell, sal i espècies, pastades, embotides i curades fins obtenir les característiques que li són pròpies.

El pebre vermell és l'espècie més important en la sobrassada, tant per la concentració amb què s'hi troba com per la contribució a les característiques organolèptiques d'aquesta. Per l'elevada proporció de pebre vermell que té la sobrassada, la qualitat d'aquest embotit depèn en gran mesura de la qualitat del pebre vermell. La funció del pebre és doble; en primer lloc, contribueix al color vermell-ataronjat i a l'aroma característic del producte i en segon terme, té un alt valor com antioxidant i aporta un elevat contingut de sucres.

Si bé aquest ingredient és fonamental per a l'elaboració de la sobrassada de Mallorca, la producció de pebre vermell a Mallorca és molt baixa, motiu pel qual, pràcticament la totalitat del pebre vermell que es fa servir per elaborar la sobrassada de Mallorca és importat de la península. Això fa que les varietats de pebre vermell que eren tradicionalment emprades, com el tap de cortí, avui en dia no estiguin a disposició dels fabricants.

Cal recordar el procés de decoloració que va succeir l'any 1998 a l'illa de Mallorca a un gran nombre de sobrassades d'elaboració casolana. Això provocà una gran alarma social en la major part dels municipis de l'illa, a més d'inutilitzar bona part de la sobrassada elaborada, la qual cosa implicà unes greus pèrdues de tipus econòmic.

Aquesta decoloració o "blanqueig" de la sobrassada podria ésser explicada, entre d'altres factors, per la utilització de pebre vermell de capacitat antioxidant insuficient, agreujada en alguns casos per processos d'oxidació/fermentació no controlats produïts durant el procés de maduració.

El pebre vermell tap de cortí és una varietat catalogada per la Conselleria d'Agricultura i Pesca com a varietat hortícola autòctona en perill d'erosió. L'ús d'aquesta varietat per a l'elaboració de sobrassada garantiria la superfície mínima de cultiu necessària per a la seva supervivència.

L'assecat o deshidratació d'aliments és un procés de conservació basat en la disminució del contingut en humitat a valors que n'assegurin l'estabilitat i permetin el seu posterior consum. És una tècnica que s'ha emprat des de l'antiguitat per diferents pobles (egipcis, romans,..) que utilitzaven principalment el sol com a font d'energia per a eliminar l'aigua.

El disseny i la utilització d'assecadors que emprin com a font energètica l'energia solar podria ser una bona alternativa. Donades les característiques climàtiques de l'illa de Mallorca, l'ús de l'energia solar podria ser interessant des del punt de vista ambiental i energètic.

Per valorar la viabilitat de l'ús d'assecat solar cal analitzar l'efecte de les diferències energètiques conseqüència dels cicles solars dia/nit i també la variabilitat fruit de les diferències de captació energètica al llarg del dia. Per això s'utilitzaran tècniques d'assecat a temperatura constant o variable i amb escalfament continu o intermitent, avaluant-se l'efecte sobre la qualitat del producte dels cicles solars dia/nit i de les variacions tèrmiques que tenen lloc durant el dia.

ÍNDEX

- I. Elaboració tradicional de pebre vermell
- II. Objectius
- III. Planificació experimental
 - 1. Selecció de les matèries primeres
 - 2. Metodologia experimental
 - 3. Disseny d'experiments
- IV. Deshidratació de pebre vermell
 - 1. Experiments preliminars
 - 2. Avaluació de l'efecte de la temperatura de l'aire sobre les corbes de deshidratació
 - 3. Assecat amb escalfament intermitent: simulació dels cicles solars
 - 4. Assecat amb rampes de temperatura: simulació de les variacions tèrmiques que tenen lloc com a conseqüència de la variabilitat tèrmica horària
- V. Elaboració de sobrassada emprant pebre vermell tap de cortí. Collita 2004
 - 1. Elaboració de pebre vermell
 - 2. Elaboracions de sobrassada a l'empresa Procam
 - 3. Elaboracions de sobrassada casolana
- VI. Elaboració de sobrassada emprant pebre vermell tap de cortí. Collita 2005
 - 1. Elaboració de pebre vermell
 - 2. Elaboracions de sobrassada a l'empresa Procam
 - 3. Elaboracions de sobrassada a l'empresa Embotits Aguiló
 - 4. Seguiment del procés de maduració de les diferents elaboracions
 - 5. Anàlisi sensorial de les mostres de sobrassada
- VII. Conclusions
- VIII. Publicacions científiques generades
- IX. Bibliografia relacionada amb el tema

I. Elaboració tradicional de pebre vermell

El pebre vermell és el producte resultant de la mòlta de pebres deshidratats totalment vermells del gènere *Capsicum annum* L. recol·lectats madurs, sans, nets i secs, totalment lliures d'atacs de plagues o malalties.

Es diferencien tres fases principals en el seu procés d'elaboració: recol·lecció, deshidratació del fruit i mòlta.

Per assecar i obtenir el pebre vermell (conjunt de les parts aprofitables del fruit en la transformació industrial, incloent les llavors, que poden participar en major o menor grau) es poden seguir diferents mètodes.

A la Comunitat de Múrcia els pebres s'assequen al sol, gràcies a la favorable climatologia d'aquesta zona durant l'època estival. S'estenen sobre esplanades de ciment, i sota l'acció directa del sol es deshidraten poc a poc. Els pebres es col·loquen el mateix dia de la seva recol·lecció, estesos sobre eres i formant una capa d'aproximadament 10 centímetres de gruix. Solen deixar-se 10 dies al sol, sempre que la climatologia ho permeti. Posteriorment es tallen per la meitat amb màquina, la qual cosa accelera el procés, i novament es col·loquen al sol però aquesta vegada formant una capa d'uns 5 centímetres de gruix i durant 2-3 dies. Una vegada obtingut el producte sec, l'agricultor el pot manipular llevant de forma manual el peduncle. Aquesta operació únicament es realitza a petició del comprador i suposa un increment d'aproximadament el 30% del preu normal de venda. Finalment, el producte deshidratat es guarda a magatzems.

A la comarca de la Vera (Càceres), la deshidratació natural no succeeix per les inadequades condicions climatològiques, ja que en el moment de l'assecat el temps sol ser plujós. En aquestes zones plujoses és freqüent deshidratar exposant-lo al sol sota cobertes de plàstic.

L'assecat per fum de llenya es realitza exclusivament a la comarca de la Vera, i bàsicament consisteix en col·locar els pebres dins un forn, en la part inferior del qual es col·loca la llenya produint fum que deshidrata al pebre, alhora que li confereix un color més fosc i un cert sabor fumat, que una vegada transformat, genera un pebre vermell molt característic. Un dels avantatges d'aquest procediment és l'acció fungicida que produeix el fum sobre els fruits. Els deshidratadors més

antics de la zona són de fusta i teula àrab. El pebre sencer es diposita sobre el pis de la cambra superior d'assecat. Sota aquesta estructura, en el sòl, s'encén una foguera amb llenya d'alzina o roure fins que la deshidratació és pràcticament total. Quan els pebres han perdut el 40-45% d'aigua, fet que succeeix aproximadament als cinc dies, se'ls aplica una temperatura més elevada, per això es col·loca més llenya a la llar i es tanquen la finestra i la porta per aconseguir el màxim aprofitament. El temps d'assecat varia entre 8-12 dies i de vegades més, depenent de la maduració del fruit. Al pebre de millor qualitat i major maduració, que és el collit a la primera recol·lecció, li correspon 8 dies de deshidratació.

El rendiment d'assecat per a les varietats tipus bola, ocal i picant, se situa al voltant d'1 kg de pebre sec per cada 5-6 kg de pebre fresc. Es necessiten uns 0,8 quilos de llenya per cada quilo de pebre fresc.

II. Objectius

L'objectiu fonamental d'aquest treball és dur a terme un estudi preliminar que permeti establir els fonaments científics per a dissenyar un deshidratador solar de pebre vermell de la varietat tap de cortí, amb elevada capacitat antioxidant.

L'estudi es desenvoluparà en vàries etapes, les quals responen a objectius concrets:

1. Avaluació de l'efecte de les variables de procés: velocitat i temperatura de l'aire sobre la qualitat del producte final
2. Simulació dels cicles solars dia/nit: assecat amb escalfament intermitent imitant els cicles solars
3. Anàlisi de les variacions tèrmiques: assecat amb rampes de temperatura. Simulació de la variabilitat tèrmica horària
4. Avaluació de la influència de les condicions d'assecat sobre la capacitat antioxidant i el color del pebre vermell
5. Elaboració de sobrassada emprant pebre tap de cortí deshidratat d'elevada qualitat

III. Planificació experimental

1. Selecció de les matèries primeres

Totes les mostres de pebre que s'han fet servir en aquest projecte són de la varietat autòctona *tap de cortí*. L'experimentació es va planificar programant diferents experiments d'assecat per tal de fer front a l'estacionalitat. Per a la primera fase, s'utilitzà pebre de la collita dels mesos de setembre i octubre de 2004. Per a la segona, pebre dels mesos de juliol (cultivat a hivernacle) i setembre de 2005. Abans de l'assecat, totes les mostres estaven madures, sanes, netes i totalment lliures d'atacs de plagues o malalties.



Mostres de pebre tap de cortí. Collita 2004

Els pebres vermells utilitzats per dur a terme aquestes experiències foren conreats a la finca col·laboradora d'“Es Plató” de Son Mesquida (Felanitx). Els calibres i graus de maduresa eren molt heterogenis.



**Mostres de pebre tap de cortí. Collita 2005.
Mostres de juliol 2005**

Les mostres de pebre tap de cortí utilitzades en aquest estudi es conservaren en cambres de la UIB a 14°C fins el moment de la seva deshidratació (màxim 15 dies) i posterior molturació.



**Mostres de pebre tap de cortí. Collita 2005.
Mostres de setembre 2005**

2. Metodologia experimental

Es dugué a terme la sembra de pebre vermell a la finca col·laboradora “Es Plató” de Son Mesquida (Felanitx), procedint a la seva deshidratació i molturació a les dependències de la UIB amb la finalitat d’incorporar-lo com a ingredient en l’elaboració de la sobrassada. Aquestes elaboracions es realitzaren a dues empreses col·laboradores, Procam SA de Manacor i embotits Aguiló SL de Sóller. També s’elaborà de forma casolana a una matança familiar.

Deshidratació

Per dur a terme la deshidratació de la matèria primera i el seguiment de les corbes d’assecat, s’empraren dues instal·lacions diferents, una a escala de laboratori, preparada per a tractar un màxim de 150 g de mostra, i l’altra a escala pilot amb una capacitat màxima de càrrega d’uns 10 kg de mostra, ambdues situades a les dependències de la UIB.

Molturació

El procés de molturació de les mostres deshidratades es realitzà amb un molí de boles, intentant minimitzar els processos de degradació conseqüència de l’augment de temperatura localitzat que es produeix durant aquest tractament. La mida de partícula del pebre vermell molturat emprada en aquest estudi fou inferior als 0,5 mm.

Mètodes analítics

Es posaren a punt les següents tècniques per a l’anàlisi del pebre vermell.

Contingut en humitat

La humitat es determinà seguint el mètode núm. 934.06 (AOAC, 1990). Així, 5 g de mostra prèviament homogeneïtzada es dugueren fins a pes constant introduint-los dins una estufa de buit a una temperatura de 70°C, temps a partir del qual es comprovà que el pes de les mostres es mantenia constant. El contingut en humitat es mesurà per triplicat. La desviació estàndard obtinguda mitjançant la mesura per triplicat del contingut en humitat fou del 0,9 %.

Color

- Mesures colorimètriques. Les mesures de color es dugueren a terme amb un colorímetre MINOLTA CROMAMETER CR-300 amb una obertura de 8 mm, il·luminant C, component especular i un observador 2°. Es determinaren les coordenades L^* , a^* i b^* (Espai de color CIE Lab*). La desviació del mètode aplicat per a la mesura del color a una mateixa mostra fou del 0,5%.
- Es mesurà l'índex ASTA, que és una mesura de color utilitzada com a paràmetre de qualitat en pebre. El mètode emprat per a la determinació de l'índex ASTA fou el mètode oficial de la AOAC 30.002. La desviació del mètode aplicat per a la mesura de l'ASTA a una mateixa mostra va ser del 2,1%.

Activitat de l'aigua

La mesura de l'activitat de l'aigua es realitzà mitjançant un higròmetre elèctric Novasina TH/RTD 200 a 25°C.

Capacitat antioxidant

La mesura de la capacitat antioxidant es determinà emprant el mètode Rancimat (Rancimat 679, Metrohm Ltd., Switzerland). Les condicions d'operació foren: cabal de l'aire 20 l/h i temperatura 110°C. L'oxidació es dugué a terme en dissolucions de pebre deshidratat i molturat dins oli de gira-sol amb una concentració de 107 g/l. Es calcula el factor de protecció (FP) dividint el seu període d'inducció (temps que tarda en oxidar-se) pel que presentà la mostra de control (oli sense pebre). La desviació estàndard obtinguda mitjançant la mesura per triplicat de la capacitat antioxidant fou del 3,5%.

Es posaren a punt les següents tècniques analítiques per a l'anàlisi de la sobrassada:

Contingut en humitat

La humitat es determinà a partir de la formació d'una pasta amb 5 g de sobrassada, 5 g d'arena de mar gruixuda i alcohol etílic del 96% (v/v) que, a continuació, s'assecà a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ fins a pes constant (ISO R-1442).

Determinació del pH

El pH es determinà per mesura directa amb un pH-metre de punxó (pH-metre Crison model 501) sobre una mescla homogeneïtzada de 5 g de sobrassada i 5 ml d'aigua destil·lada (ISO R-1443).

Mesura del color

La mesura instrumental de color es realitzà amb un colorímetre MINOLTA CROMA METER CR-300 amb un diàmetre d'obertura de 8 mm, prenent com a referència l'il·luminant C i l'observador 2°. El color de les mostres de la sobrassada es determinà sobre la superfície de tall rea·litzant 8 mesures sobre diferents punts, homogèniament distribuïts, i donant com a resultat la mitja de tots ells.

Control de la pèrdua de pes

El seguiment de les corbes de deshidratació es mesurà per valoració de les pèrdues de pes mitjançant pesada a una balança METLER model PB303S. Es dugué a terme sobre 3 sobrassades de cada experiment.

Anàlisi sensorial

Per a la degustació de la sobrassada es tallaren rodanxes de sobrassada d'1 cm de gruix a les quals s'eliminà el fibran (budell comestible de col·lagen) o budell natural. La temperatura de les mostres en el moment del tast era de 20°C.

La realització de l'anàlisi sensorial de mostres de sobrassada comptà amb la col·laboració del jurat de tast de l'AFAIB (Associació per al foment dels aliments de les Illes Balears) i de personal de les empreses col·laboradores.

Per al correcte desenvolupament d'aquest treball s'han realitzat dos tipus d'avaluacions sensorials.

Prova d'acceptació. Consisteix en presentar a la vegada i a cadascun dels jutges del tast, les mostres que són objecte de la prova. D'aquesta manera, cada jutge les classifica en dos grups en funció de si li semblen o no acceptables per a la venda i/o consum.

Prova d'ordenació. La prova consisteix en fer una avaluació del grau de preferència per part del jurat. A cadascuna d'aquestes proves, s'ordenen les mostres per preferència visual, de sabor i aroma, textura i color, indicant si alguna de les mostres no és apta per al consum.

El full de tast utilitzat és el següent:

Prova d'ordenació

a) Ordre de preferència pel seu aspecte.

Clau	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

En troba alguna no apta per al consum?

Si n'hi ha alguna no apta, eliminar-la de la prova següent.

b) Ordre de preferència per sabor i aroma

Clau	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

c) Ordre de preferència per textura i color

Clau	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3. Disseny d'experiments

Determinació de les isoterms d'equilibri

Les isoterms d'equilibri permeten predir l'estabilitat dels aliments en funció del seu contingut en aigua. El coneixement de la isoterma ens permetrà determinar l'activitat d'aigua òptima del producte deshidratat amb vista a la seva conservació. No s'han trobat dades bibliogràfiques d'isoterms de pebre vermell de la varietat tap de cortí. Per tant, es determinà l'activitat d'aigua (a_w) a 25°C de mostres de pebre vermell amb diferents continguts en humitat (W), entre 0,80 i 0,04 kg aigua/kg sòlid sec (ss).

Els resultats experimentals obtinguts es presenten a la taula 1.

Humitat (kg aigua/kg ss)	Activitat d'aigua
0,80	0,961
0,29	0,748
0,23	0,701
0,15	0,570
0,14	0,525
0,09	0,381
0,06	0,275
0,04	0,204

Taula 1. Activitat d'aigua a 25°C de pebre vermell de la varietat tap de cortí amb diferents continguts en humitat

A partir dels resultats obtinguts experimentalment de la variació de l'activitat d'aigua amb el contingut d'humitat de les mostres de pebre vermell de la varietat tap de cortí, s'identificaren els paràmetres de 2 models empírics per representar la isoterma d'equilibri. Els models proposats en aquest estudi foren els models d'Oswin i Halsey, descrits a la taula 2.

Model	Paràmetres	%variància
Halsey	$w = \left[\frac{-C_h}{\ln a_w} \right]^{\frac{1}{n_h}}$ $n_h = 1,289$ $C_h = 3,79 \times 10^{-2}$	93,0
Oswin	$w = K_o \left[\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right]^{n_o}$ $n_o = 0,644$ $K_o = 1,17 \times 10^{-1}$	96,2

Taula 2. Modelització de la isoterma de pebre vermell de la varietat *tap de cortí* a 25°C. Valors identificats pels paràmetres i percentatges de variància explicada

Per avaluar la validesa dels models per simular els resultats experimentals es calcularen els percentatges de variància explicada en la comparació de les dades experimentals amb les estimades a partir dels models proposats. Els valors identificats pels paràmetres de cada un dels models i els percentatges de variància explicada obtinguts es mostren a la taula 2.

La identificació paramètrica dels diferents models es dugué a terme utilitzant les dades experimentals i l'eina d'optimització SOLVER del full de càlcul Excel 7.0TM. S'estimà el valor del contingut d'humitat en equilibri a partir de l'activitat d'aigua, calculant els residus quadràtics entre les dades experimentals i els valors calculats.

A partir dels resultats del percentatge de variància es pot concloure que els dos models avaluats permeten estimar correctament l'activitat d'aigua de pebre vermell a 25°C, ja que superen en ambdós casos el 93% de variància explicada; si bé sembla que el model d'Oswin és el que proporciona una simulació més acurada, presentant un valor de percentatge de variància més elevat (96,2%).

En diferents estudis i per diversos aliments, els models d'Oswin i Halsey han demostrat una adequada capacitat de predicció. Kaya i Kahyaoglu (2005) compararen diferents models d'isotermes en raïm i conclogueren que el model de Halsey és el que més bé prediu aquestes isotermes.

Vàzquez i col., (2002) compararen la capacitat de sis models d'isotermes per simular la variació de la humitat amb l'activitat d'aigua de castanyes i van obtenir que el model d'Oswin era un dels que presentava millor capacitat de predicció.

Caracterització de les mostres

Es determinà la humitat del pebre considerant-lo constituït per pericarp, peduncle i llavors. Així mateix, es considerà la proporció d'aquestes fraccions en la mostra deshidratada. Els resultats obtinguts es presenten a la taula 3.

També s'ha determinat la humitat del pebre una vegada deshidratat i a punt per a la seva incorporació a la sobrassada.

Fracció	Mostra fresca Humitat (%)	Mostra deshidratada Humitat (%)
Pericarp	86,1	22,9
Peduncle	66,7	16,9
Llavor	8,62	8,6
Sencer	83,8	18,6

Taula 3. Humitat de les diferents fraccions de mostres de *tap de cortí*, fresc i deshidratat. Collita de 2004

El pericarp suposa el 68,9% de la mostra deshidratada, les llavors el 28,2% i finalment, el peduncle, que ha estat tallat parcialment, el 2,9%. El rendiment del procés d'assecat és d'1 kg de pebre sec per 5-6 kg de pebre fresc.

La humitat mitjana del pebre fresc es presenta a la taula 4.

Collita	Humitat (%)
2004	83,2±0,6
juliol 2005	84,4±0,4
setembre 2005	83,6±0,5

Taula 4. Humitat de les mostres de tap de cortí fresc

A la taula 5 s'expressen els resultats obtinguts, en forma de mitjanes i desviacions estàndard, de les mesures morfològiques realitzades sobre el pebre sencer fresc.

Paràmetre	Mesura
Diàmetre [10^2] (m)	4,1 ±0,4
Massa (g)	27 ±6
Alçada [10^2] (m)	7,4 ±0,6

Taula 5. Caracterització morfològica del pebre de la varietat tap de cortí. Mitjanes i desviacions estàndard. Collita de 2005

A la taula 6 es presenten els resultats obtinguts, en forma de mitjanes i desviacions estàndard, de l'avaluació de les característiques químiques del pebre de la varietat tap de cortí.

Paràmetre	Mesura
Humitat (kg/kg ss)	4,8±0,3
Cendres (kg/kg ss)	8,9±0,7
Greix (kg/kg ss)	14 ±0,6

Taula 6. Caracterització química del pebre de la varietat tap de cortí. Mitjanes i desviacions estàndard. Collita de 2005

IV. Deshidratació de pebre vermell

1. Experiments preliminars

Es dugueren a terme a les instal·lacions de la UIB. El seus objectius eren:

Establir les condicions de la matèria primera més adequades per a la deshidratació. Avaluació de l'ús de pebre vermell sencer o tallat per la meitat.

Les mostres, tant senceres com tallades, s'utilitzaren eliminant part del peduncle i mantenint les llavors.

Tal i com es pot observar a la figura 1, la velocitat d'assecat és molt lenta per les mostres senceres de pebre. Al final del període objecte d'estudi (més de 21 hores), les mostres senceres presentaven una humitat pròxima al 62%. Les mostres tallades, després de 14 hores, presentaven una humitat final del 14%. Aquest comportament indica la conveniència d'utilitzar, per als següents experiments, mostres tallades per la meitat (les mostres senceres presenten problemes de llargs temps de deshidratació amb la corresponent pèrdua de característiques de qualitat -color i capacitat antioxidant).

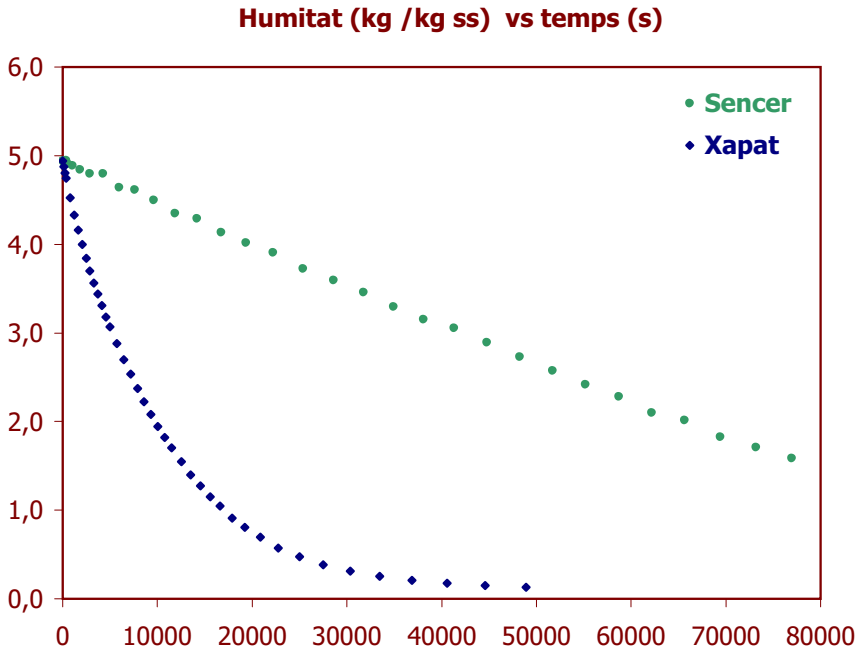


Figura 1. Corbes d'assecat de mostres senceres i tallades per la meitat.
Temperatura de l'aire: 50°C

A les DOP de la Vera i Múrcia la deshidratació es portà a terme sense eliminar les llavors; per això s'ha considerat, com a punt de partida, pebre tallat per la meitat, al que no s'ha eliminat les llavors i que conserva part del seu peduncle ja que així es millora el rendiment industrial.



Mostres de pebre tap de cortí deshidratat amb un 14% d'humitat. Collita de 2004

Determinar la velocitat crítica de l'aire, valor a partir del qual, un augment de velocitat de l'aire no provoca un augment en la velocitat d'assecat, i la influència de la temperatura sobre aquest paràmetre.

S'ha determinat que valors superiors a 1,5 m/s (velocitat crítica) no indueixen un augment de la velocitat de deshidratació però sí un major consum energètic. Aquest valor crític es manté gairebé constant per tot l'interval de temperatures estudiat, motiu pel qual es va decidir utilitzar un valor mitjà $1,5 \pm 0,2$.

2. Avaluació de l'efecte de la temperatura de l'aire sobre les corbes de deshidratació

Es dissenyaren un conjunt d'experiments, realitzats a temperatura d'aire constant, entre 30 i 90°C, per avaluar l'efecte d'aquesta variable.

Les condicions experimentals utilitzades foren les següents:

Pebre tallat per la meitat

Mostres situades amb la cara del tall en el sentit d'entrada de l'aire d'assecat

Temperatura de l'aire constant: 30, 40, 50, 60, 70, 80 i 90°C

Velocitat de l'aire superior a la crítica

Deshidratador a escala de laboratori

Amb aquesta tasca es pretén reunir informació sobre el comportament de la matèria primera durant l'assecat. S'experimentà amb diferents temperatures de l'aire per avaluar la influència d'aquesta variable sobre les corbes d'assecat. Els resultats obtinguts es presenten a la figura 2.

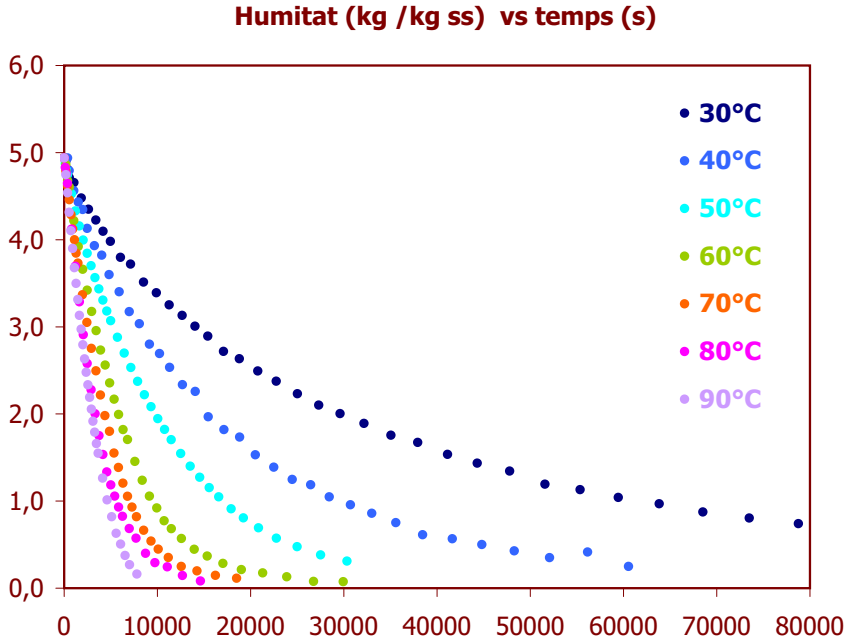


Figura 2. Efecte de la temperatura sobre les corbes d'assecat

El seguiment de les corbes de deshidratació es realitzà mesurant les variacions de pes amb el temps, fins a arribar a una humitat final de 0,2 kg aigua/kg ss. Els resultats obtinguts foren coherents ja que s'observà una major velocitat de deshidratació a les experiències realitzades a temperatures d'aire més elevades.

3. Assecat amb escalfament intermitent: simulació dels cicles solars

Es dissenyaren un conjunt d'experiments per imitar els cicles solars. Les condicions d'operació foren les següents:

Pebre tallat per la meitat

Mostres situades en la cara del tall en el sentit d'entrada de l'aire d'assecat

Temperatura de l'aire constant

Velocitat de l'aire superior a la crítica

S'utilitzà la tècnica d'assecat intermitent o en cicles que consisteix en una interrupció de l'escalfament, a intervals predeterminats, durant l'assecat. Els experiments es dugueren a terme tant a escala de laboratori com a escala pilot.

La mostra es deshidrata a temperatura constant durant un temps determinat. Finalitzat aquest període, s'introdueix en una bossa de plàstic (s'aconsegueix d'aquesta manera homogeneïtzar-la des del punt de vista de la humitat) i es conserva a 4°C, fins el moment d'iniciar el 2^{on} període de deshidratació. Les primeres proves es realitzaren amb una interrupció de 2 h després de 2000 s de l'inici del procés. Com exemple dels resultats obtinguts, es presenten els experiments realitzats amb una temperatura de l'aire de 65°C (amb escalfament continu (65°C) i intermitent (65 C°INT)). Com es pot observar a la figura 3, no es detecten diferències significatives entre ells. Des del punt de vista cinètic, la interrupció de l'escalfament no té un efecte significatiu pel que respecta a la velocitat d'assecat (es pot observar un lleuger augment de la velocitat, possiblement degut a l'efecte de l'homogeneïtzació).

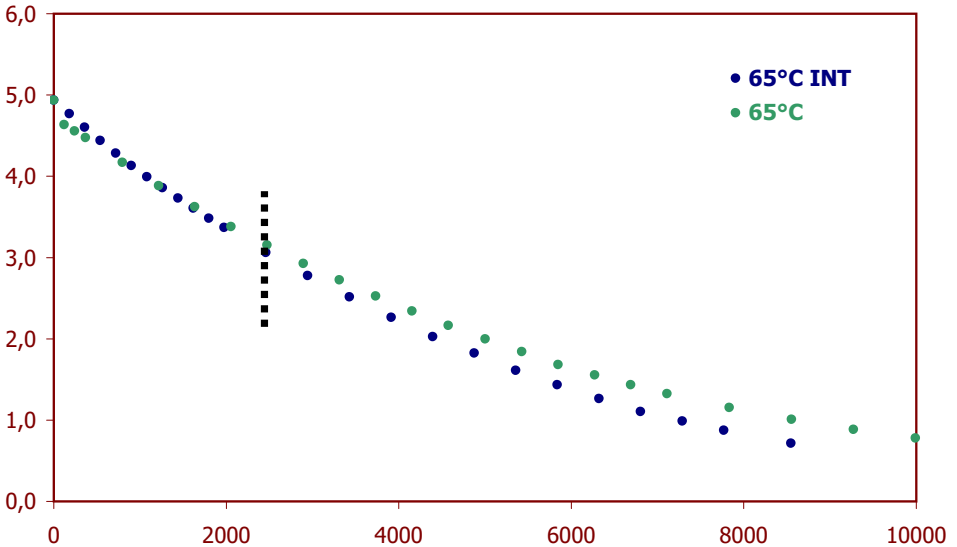
Humitat (kg aigua/kg ss) vs temps (s)

Figura 3. Deshidratació a escala de laboratori. Efecte de l'escalfament continu/intermitent

A la figura 4 es presenta la variació de la humitat en front del temps per als experiments realitzats a una temperatura de l'aire de 50°C. S'interrompé el procés de deshidratació a les 5,5 hores a partir del seu començament (experiment 50°C INT); la mostra parcialment deshidratada es conservà a 4°C durant 10 h en bossa tancada hermèticament i posteriorment, es reprengué el procés. Aquest escalfament intermitent, comparat amb el realitzat d'una manera continua, suposà un increment de la velocitat de deshidratació enfront de l'experiment rea-litzat sense interrupcions.

Aquests resultats semblen indicar la conveniència de perllongar el període de repòs.

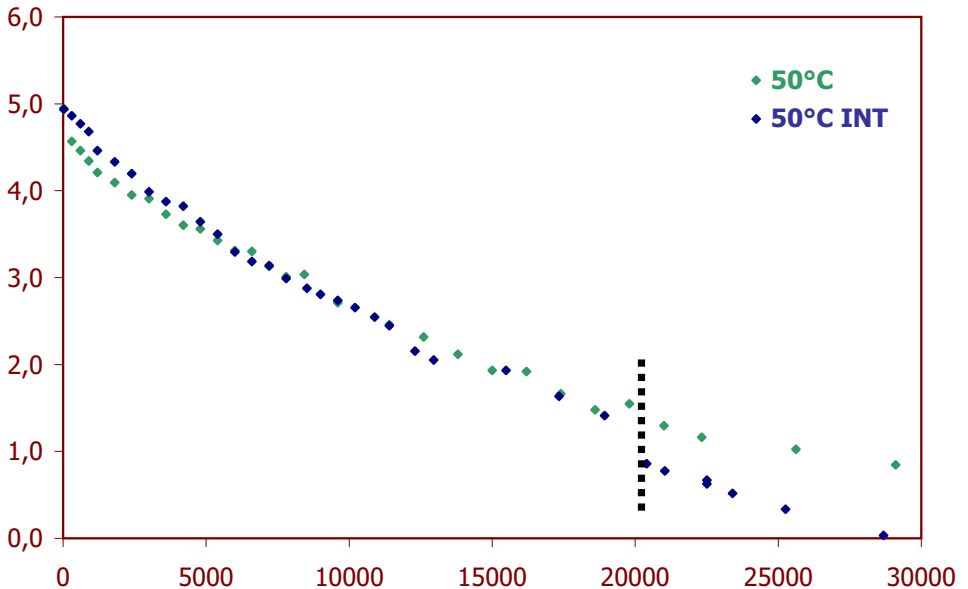
Humitat (kg aigua/kg ss) vs temps (s)

Figura 4. Deshidratació a escala pilot. Efecte de l'escalfament continu/intermitent

4. Assecat amb rampes de temperatura: simulació de les variacions tèrmiques que tenen lloc com a conseqüència de la variabilitat tèrmica horària

El procés d'assecat es dividí en diferents períodes, cada un d'ells realitzat a una temperatura de l'aire determinada (temperatura de consigna). El procediment experimental fou el següent:

Pebre tallat per la meitat

Mostres situades en la cara del tall en el sentit d'entrada de l'aire d'assecat

Velocitat de l'aire superior a la crítica

Deshidratador a escala de laboratori

Es dissenyaren diferents conjunts d'experiments. A tots ells, el procés s'inicià a la temperatura de consigna del 1er període. El producte es deshidrata a dita temperatura durant un temps determinat; finalitzat el 1er període, la temperatura d'assecat es modifica, establint la segona

temperatura de consigna (el sistema triga un determinat temps en assolir-la) i així successivament.

Els seus objectius foren:

Establir, des del punt de vista cinètic, les millors condicions d'operació (rampa ascendent/descendent).

Les condicions d'operació foren les següents:

Mostra	Període I	Temps en assolir la temperatura	Període II
45°-65°C	45°C/3600 s	600 s	65°C
65°-45°C	65°C/3600 s	600 s	45°C

Els resultats obtinguts es presenten a la figura 5. S'establí la mateixa durada per al primer període d'assecat (3600 s), tant a la rampa ascendent com a la descendent. Els resultats presentats a la figura 5 mostren que les rampes ascendents són molt més eficaces des del punt de vista cinètic.

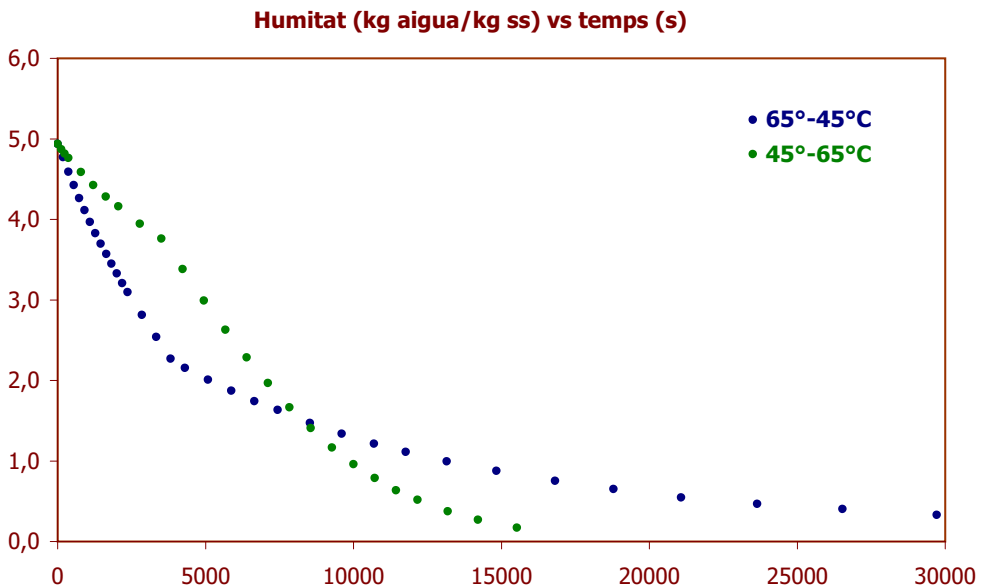


Figura 5. Deshidratació a escala de laboratori. Assecat amb rampes de temperatura

Establir la duració més adient del primer període. Viabilitat del procés des del punt de vista del temps d'assecat.

Les rampes de temperatura utilitzades (cicles de temperatura/temps) es presenten a continuació:

Mostra	Període I	Temps en assolir la temperatura	Període II
40°-70°C -A	40°C/6500 s	900 s	70°C
40°-70°C -B	40°C/11000 s	900 s	70°C
40°-70°C -C	40°C/13000 s	900 s	70°C

Els experiments d'assecat difereixen l'un de l'altre en la duració del primer període de deshidratació. Els resultats obtinguts es presenten a la figura 6; com es pot observar les corbes d'assecat es veuen modificades per la variació dels cicles temperatura/temps. No obstant això, el temps necessari (unes 5,5 hores) per arribar al 0,2 kg/kg ss d'humitat és pràcticament el mateix a les tres condicions d'operació. Si comparem les corbes d'assecat obtingudes amb les corresponents a assecat continu a 40°C, podem observar que s'ha produït un important increment en la velocitat de deshidratació mitjançant l'ús de les rampes.

Humitat (kg aigua/kg ss) vs temps (s)

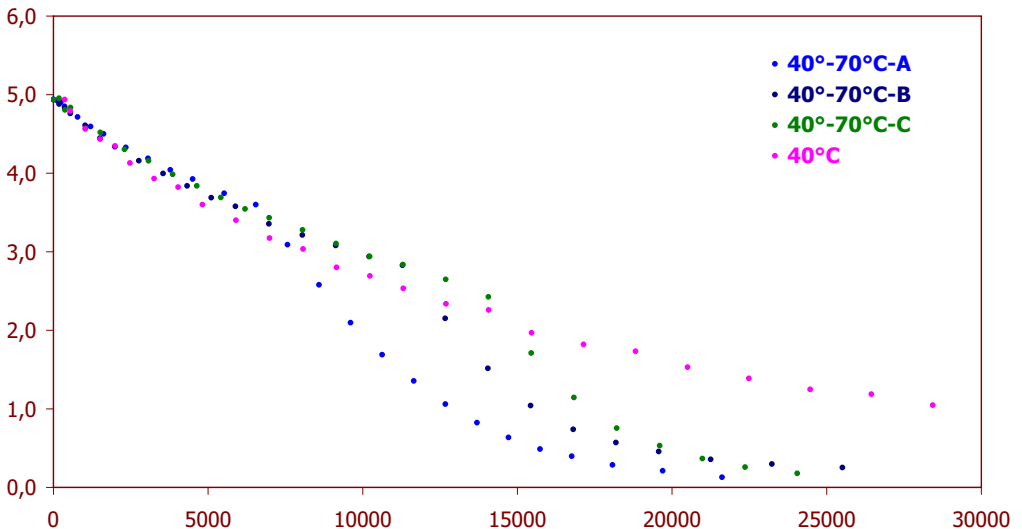
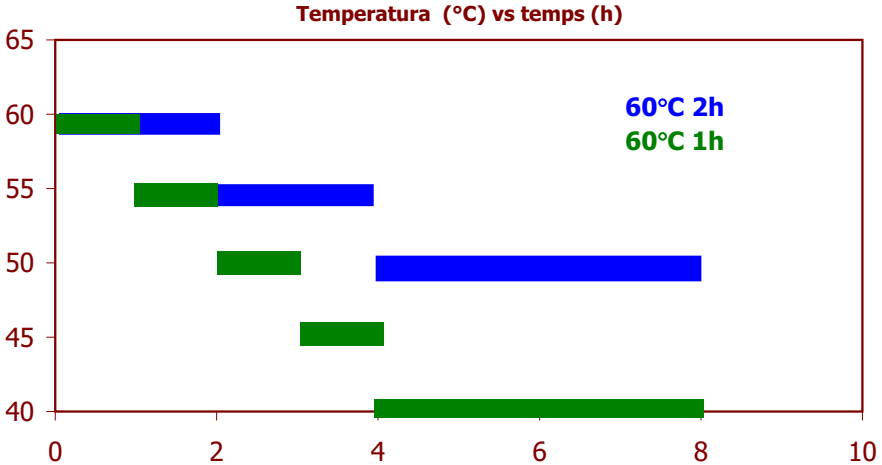


Figura 6. Deshidratació a escala de laboratori. Assecat amb rampes de temperatura. Corbes d'assecat d'experiments amb diferent duració del 1er període

Establir, des del punt de vista cinètic, la viabilitat d'utilitzar un procés escalonat descendent, amb una variació de temperatures constant.

S'ha dissenyat un conjunt d'experiments sobre la base de l'ús de rampes de temperatura descendents. Les rampes de temperatura utilitzades (cicles de temperatura/temps) es presenten a continuació:



Els resultats obtinguts es representen gràficament (figura 7).

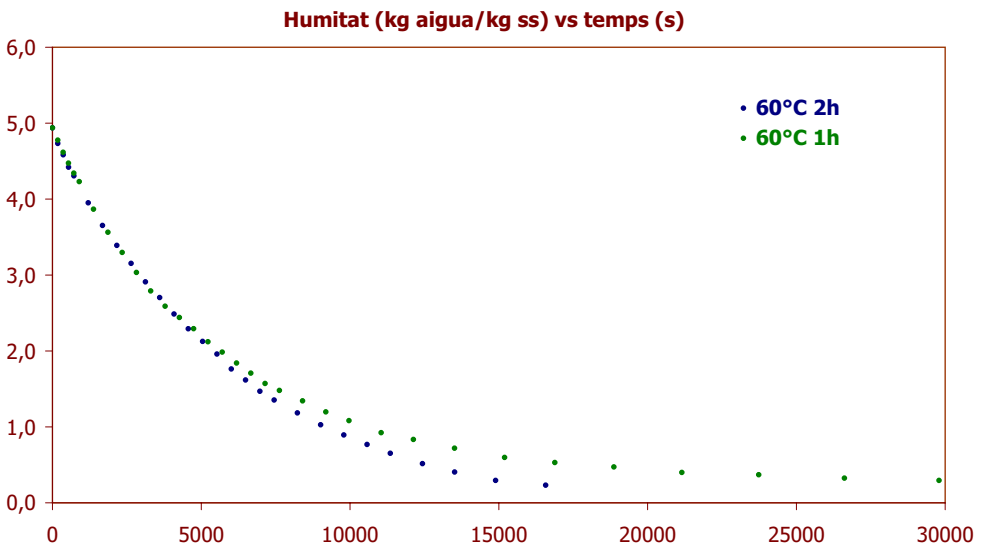


Figura 7. Deshidratació a escala de laboratori. Procés d'assecat escalonat amb rampes de temperatura descendents. $T=60^{\circ}\text{C}$

Com es pot veure, no s'observen grans diferències entre l'ús de graons corresponents a increments de 5°C cada hora o cada 2 hores.

V. Elaboració de sobrassada emprant pebre vermell tap de cortí. Collita de 2004

L'objectiu general d'aquesta activitat fou verificar la viabilitat de l'ús de pebre tap de cortí com a ingredient per a l'elaboració de sobrassada. El disseny experimental utilitzat fou el següent:

Ús de pebre vermell tap de cortí

Ús de matèria primera (carn, xulla, antioxidants...), proporcions carn/pebre i metodologia d'elaboració (grau de capolat, pastat, temps de maduració) idèntiques a les utilitzades en la família/empresa col·laboradora

Avaluació de la qualitat de la sobrassada al final del seu període de maduració

1. Elaboració de pebre vermell

En primer lloc, es dugueren a terme un conjunt d'experiments per poder disposar del pebre vermell deshidratat i molturat per utilitzar-lo com a ingredient en l'elaboració de la sobrassada.

El disseny experimental es realitzà per tal d'avaluar la possibilitat d'ús de deshidratadors a plena càrrega, l'efecte del grau de maduresa de la matèria primera i de la interrupció del procés de deshidratació, conseqüència de les aturades nocturnes.



Experiments a escala pilot. Disposició de la matèria primera sobre les safates



Mostra de pebre tap de cortí deshidratat i molturat

La nomenclatura i característiques de les mostres de pebre vermell utilitzades a les diferents elaboracions es presenten a la taula 7. Com es pot observar a aquesta taula, totes les mostres de pebre vermell presentaren un valor d'ASTA superior a 100, motiu pel qual totes elles han estat considerades adequades per a la seva utilització a les diferents elaboracions.

Mostra	Característiques del procés	Temperatura (°C)	ASTA *
50°C	1 safata, amb aturada nocturna	50	121
55°C	1 safata, sense aturades	55	152
55°C madurs	1 safata, sense aturades, molt madurs	55	174
60°C	1 safata, sense aturades	60	121
60°C INT	1 safata, amb aturada nocturna	60	141
65°C	1 safata, sense aturades	65	114
65°C ple	Deshidratador ple, amb aturada nocturna	65	122

* La valoració de l'ASTA es realitzà abans de l'elaboració. Totes les mostres s'havien deshidratat, tallat per la meitat i conservat a 4°C fins al moment de la seva utilització.

Taula 7. Mostres de tap de cortí utilitzades a l'elaboració de sobrassada a l'empresa Procama S.A.

Avaluació de l'efecte de la càrrega del deshidratador

Es compararen els resultats obtinguts utilitzant una única safata (capacitat 1,8- 2 kg de matèria primera), amb els corresponents a l'ús del deshidratador ple (capacitat de 10 kg de matèria primera). El principal efecte que té la càrrega total és una disminució important de la velocitat de l'aire que passa d'1,5 m/s a 0,5 m/s. Com es pot observar a la figura 8, es produí una disminució important de la velocitat d'assecat. El temps necessari per arribar a una determinada humitat, de 0,2 kg aigua/kg ss augmentà molt (un 350%) en utilitzar el deshidratador a la seva màxima capacitat.

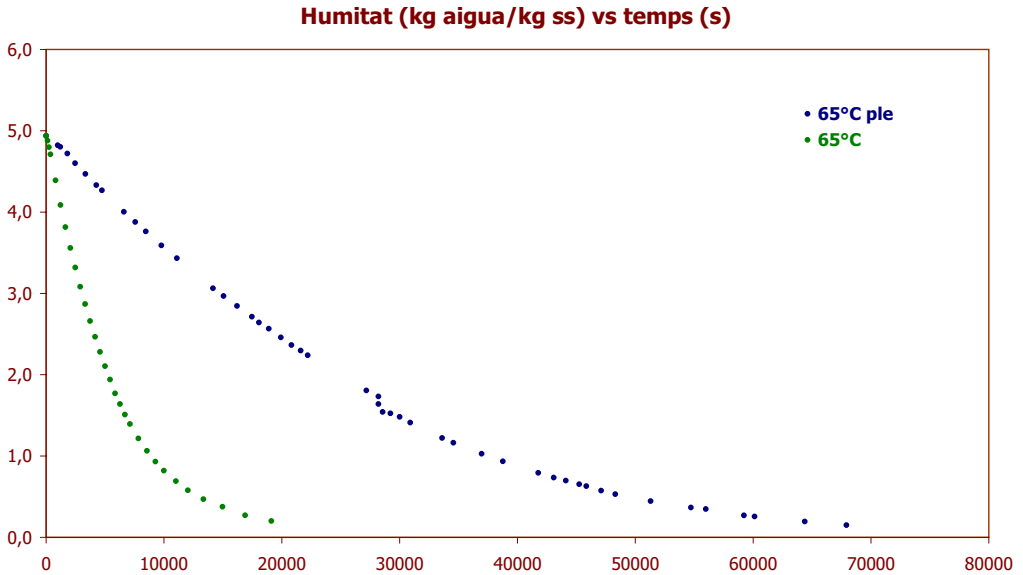


Figura 8. Deshidratació a escala pilot. Corbes d'assecat a 65°C. Efecte de la càrrega del deshidratador

Efecte del grau de maduresa de la matèria primera

Un altre dels punts importants a avaluar és el grau de maduresa de la matèria primera. Es dissenyà un experiment a 55°C en el qual s'utilitzà pebre amb un grau de maduresa adient (55°C) i també matèria primera molt madura (55°C madur). Com es pot veure a la figura 9, s'observen petites diferències entre ambdues corbes d'assecat, però al final del procés de deshidratació no resulten significatives.

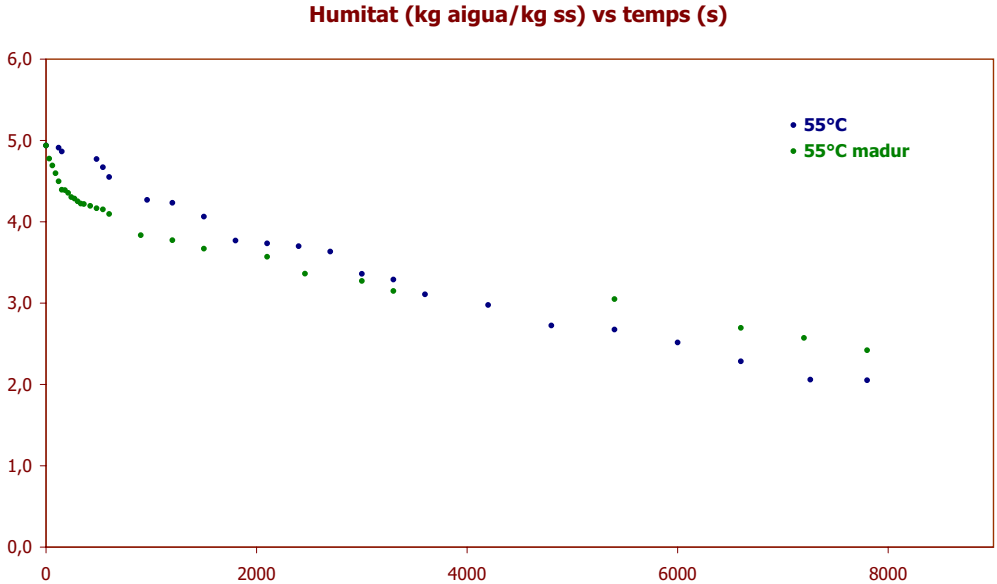


Figura 9. Deshidratació a escala pilot. Corbes d'assecat a 55°C. Efecte del grau de maduració de la matèria primera

Efecte de l'aplicació d'un procés d'assecat intermitent

A la figura 10 es presenten les corbes de deshidratació de pebre vermell utilitzant una temperatura de l'aire de 60°C. Aquest procés es dugué a terme sense interrupcions (experiència 60°C) i també (experiència 60°C INT) es realitzà una aturada de 8 hores simulant les hores de nul·la radiació solar. Es verificà que no existien diferències significatives en les corbes d'assecat, conseqüència de les interrupcions del procés.

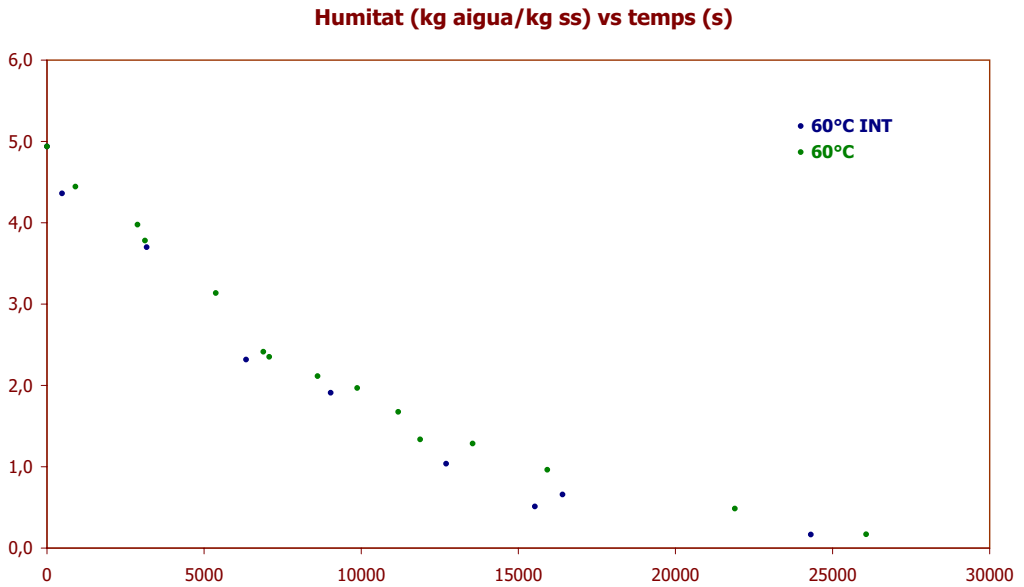


Figura 10. Deshidratació a escala pilot. Corbes d'assecat a 60°C. Efecte de l'escalfament intermitent

2. Elaboracions de sobrassada a l'empresa Procam

L'elaboració de sobrassades es realitzà amb la finalitat de valorar l'aspecte, textura, aroma i sabor del producte elaborat amb tap de cortí.

Les mostres objecte d'estudi s'elaboraren a l'empresa "Procam SA" adscrita a la indicació geogràfica protegida sobrassada de Mallorca, emprant formulacions habituals de l'empresa.

La metodologia dissenyada consistí en la realització d'un conjunt d'elaboracions amb diferents mostres de pebre vermell. El pebre utilitzat per a l'elaboració de 7 lots de sobrassades fou el corresponent a les mostres descrites a la taula 7.

De cada una d'elles s'obtingué una mostra corresponent a un mínim de 5 sobrassades, d'uns 250 g.

La sobrassada s'elaborà seguint les pautes generals d'elaboració de l'empresa. Fou embotida en budell natural i en budell de col·lagen (fibran).

Les característiques comunes a totes les elaboracions es presenten a la taula 8:

Formulació	
magre	27,8%
xulla	64,8%
sal	1,8%
pebre dolç	5%
Antioxidant	0,18%
Grau de capolat	4mm

Taula 8. Característiques comunes de les sobrassades utilitzades per a l'estudi, elaborades a Procám



Mostres de sobrassada elaborades a Procám SA i madurades a les microcambres de la UIB. Inici de la maduració



**Mostres de sobrassada elaborades a Procamsa i madurades a les microcambres de la UIB.
Final de la maduració**

Les mostres, una vegada elaborades, es traslladaren als laboratoris de la UIB i foren madurades a 14°C i humitat relativa del 85%.

Es portà a terme un seguiment de pH i la caracterització final de la mostra en termes de color i característiques sensorials. El temps de maduració fou de 21 dies.

Evolució del pH amb el temps de maduració.

No es detectaren diferències significatives en el pH de les mostres embotides en fibra de col·lagen i en budell natural. A la figura 11, es pot observar una disminució del pH a mesura que avançava la maduració. Les sobrassades elaborades amb pebre deshidratat a temperatura més elevada presentaren un procés de maduració més ràpid.

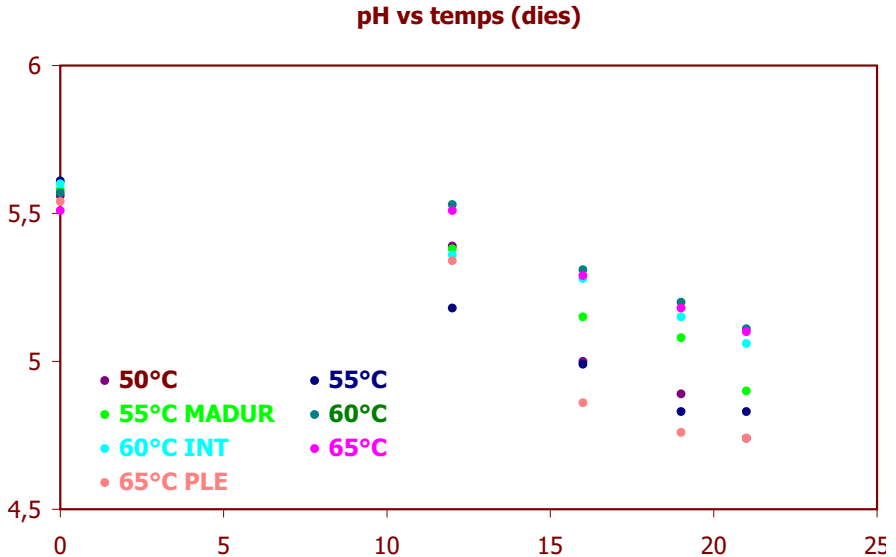


Figura 11. Elaboració de sobrassada. Variació del pH amb el temps de maduració

Valoració del color de les sobrassades al final del període de maduració. Coordenades CIELab.*

El color de la sobrassada s'ha mesurat mitjançant el paràmetre cromà que representa la puresa de color, definit com:

$$\text{croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

essent a* i b* les coordenades cromàtiques del sistema CIELab*

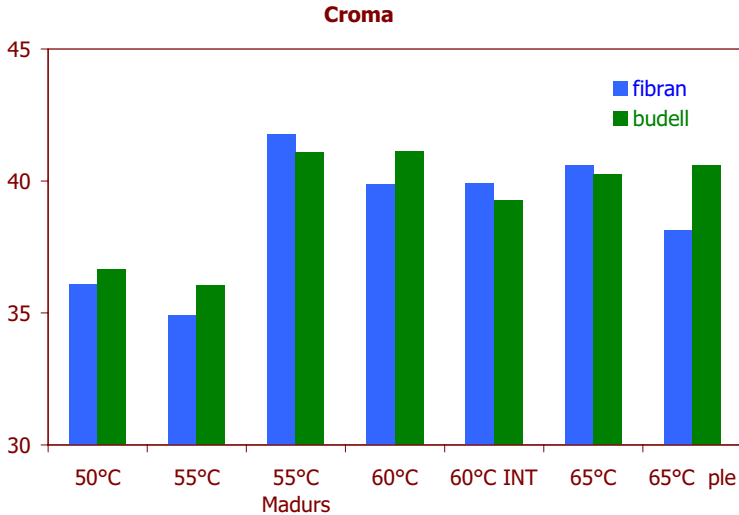


Figura 12. Elaboració de sobrasada. Característiques cromàtiques de les mostres de sobrasada al finalitzar el procés de maduració, embutides en budell o fibran

Les mostres menys saturades, amb inferiors valors del croma foren les mostres de 50°C i 55°C a les quals a^* (verd-vermell) i b^* (blau-groc) foren inferiors (figura 12). Aquests resultats pareixen indicar un lleuger deteriorament de les mostres sotmeses a temperatures baixes però durant llargs temps de deshidratació. No obstant, aquest comportament no s'observa a les mostres més madures, possiblement degut al seu alt contingut en pigments. Es presenten també petites diferències entre les mostres embotides en col·lagen i en budell natural. Tot i això, com que no presenta una tendència específica, podrien ésser degudes a la desviació experimental.

Els resultats de L^* (lluminositat 0-100) apunten que no hi ha diferències significatives entre mostres (figura 13).

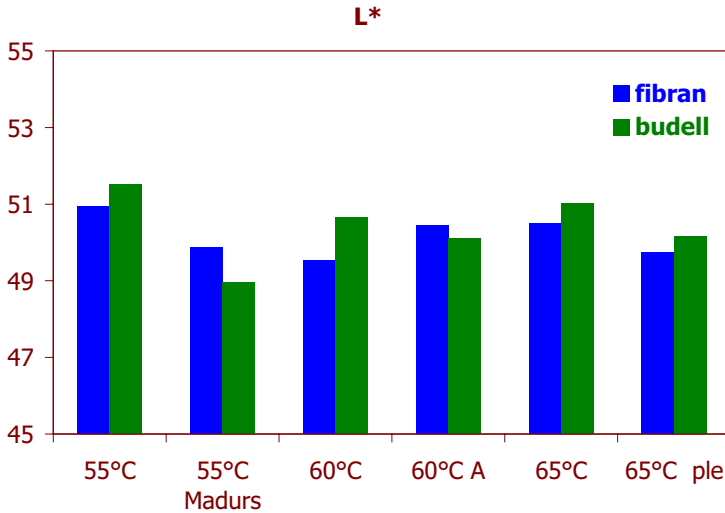


Figura 13. Elaboració de sobrassada. Lluminositat de les mostres de sobrassada embotides en fibran i budell natural, al finalitzar el període de maduració

Per concloure, es pot admetre que des del punt de vista cromàtic totes les mostres presentaren una qualitat adequada.

Valoració sensorial de les sobrassades al final del període de maduració

El personal de l'empresa Procam i el jurat de tast constituït a la UIB, juntament amb el coordinador del projecte, Bartomeu Mayol, analitzaren les mostres i, en conjunt, totes es catalogaren com a aptes per al seu consum.

Una anàlisi més exhaustiva indicà que existien uns petits problemes de decoloració, de baixa intensitat (taula 9) a les mostres 55°C, 65°C i 55°C madurs. El grau d'acidesa es considerà correcte i lleugers defectes de textura i aroma foren detectats pel personal de Procam i no pel jurat de tast de la UIB, degut possiblement a l'elevat coneixement que tenen de les característiques del seu producte.

Mostra	aroma	àcid	textura	color	anomalies color
50°C	pebre vermell	no	una mica dura	taronja pàl.lid	
55°C	fermentació	no	una mica dura	correcte	DEP
55°C Madurs	correcta	no	correcta	correcte	DEC
60°C	sense aroma	no	una mica dura	correcte	
60°C INT	correcta	una mica	correcta	correcte	
65°C	llevat	no	una mica dura	taronja pàl.lid	DEC
65°C ple	correcta	no	una mica dura	correcte	

DEC: Decoloració externa circular (al voltant del budell, després del tall)

DEP: Decoloració externa parcial (en un tros, al voltant del budell)

Taula 9. Anàlisi sensorial de la sobrassada al final del seu període de maduració

3. Elaboracions de sobrassada casolana

Les mostres objecte d'estudi corresponen a una matança casolana realitzada amb pebre vermell de la varietat tap de cortí, deshidratat a la UIB (65°C ple). La formulació de la sobrassada es presenta a la taula 10:

Formulació	
carn	93,0%
sal	1,9%
pebre dolç	3,9%
pebre bo	0,04%
Antioxidant	0,2%
Grau de capolat	3 mm

Taula 10. Formulació de la sobrassada casolana

La valoració de les mostres es va dur a terme als 45 dies de la seva elaboració.

La sobrassada presentà un valor de croma de $38,34 \pm 1,62$ i una lluminositat de $48,14 \pm 2,63$. Aquests valors són més baixos, sobre tot aquest darrer, que els presentats per les mostres elaborades industrialment. L'observació visual també mostrà un color més vermell.

El pH fou de 4,7 i la valoració sensorial per part del jurat de tast de la UIB definí l'aroma, acidesa, textura i color com a correctes, sense cap tipus d'anomalia.

VI. Elaboració de sobrassada emprant pebre vermell tap de cortí. Collita 2005

L'objectiu general d'aquesta activitat fou verificar la viabilitat de l'ús de pebre tap de cortí com ingredient per a l'elaboració de sobrassada i valorar la seva capacitat antioxidant. La funció del pebre és doble; en primer lloc, contribueix al color vermell-ataronjat i a l'aroma característic del producte, en segon terme, té un alt valor com antioxidant.

Els antioxidants obtinguts a partir de vegetals representen una alternativa natural a l'ús d'antioxidants sintètics (per exemple, el dibutil hidro-xitoluè, BHT, i el butil hidroxianisol, BHA), l'ús dels quals presenta algunes restriccions degut a que podrien resultar nocius per a la salut humana. Per aquesta raó, resulta d'especial interès tenir en consideració els antioxidants procedents de productes naturals com el pebre vermell.

Els antioxidants naturals del pebre, repercutiran positivament en la qualitat del producte final i en la percepció del producte per part del consumidor la qual cosa pot suposar l'obertura de nous mercats.

Per a l'estudi de la sobrassada de Mallorca elaborada amb pebre vermell tap de cortí de la collita del 2005 es realitzaren elaboracions en condicions controlades a les empreses Procama i Embotits Aguiló. Emprant aquesta matèria primera es va fer un seguiment del procés de maduració de la sobrassada per tal de determinar els paràmetres fisicoquímics propis d'aquest procés.

El disseny experimental utilitzat fou el següent:

Ús de pebre vermell tap de cortí

No utilitzar cap tipus d'antioxidant artificial

Ús de matèria primera (carn, xulla, ..), proporcions carn/pebre i metodologia d'elaboració (grau de capolat, pastat, temps de maduració) idèntiques a les utilitzades en l'empresa col·laboradora

Seguiment del procés de maduració

1. Elaboració de pebre vermell

En primer lloc, utilitzant un assecador a escala de laboratori, s'avaluà l'efecte de la temperatura d'assecat sobre la capacitat antioxidant del pebre vermell.

A la figures 14 i 15, es presenten els resultants obtinguts de l'ASTA i croma de les mostres deshidratades amb el deshidratador de laboratori, a diferents temperatures de l'aire d'assecat (30, 50, 65, 75 i 90°C) i molturades. També es presenten els resultats obtinguts per aplicació del test de Tuckey, indicatius de l'existència de diferències significatives entre mostres.

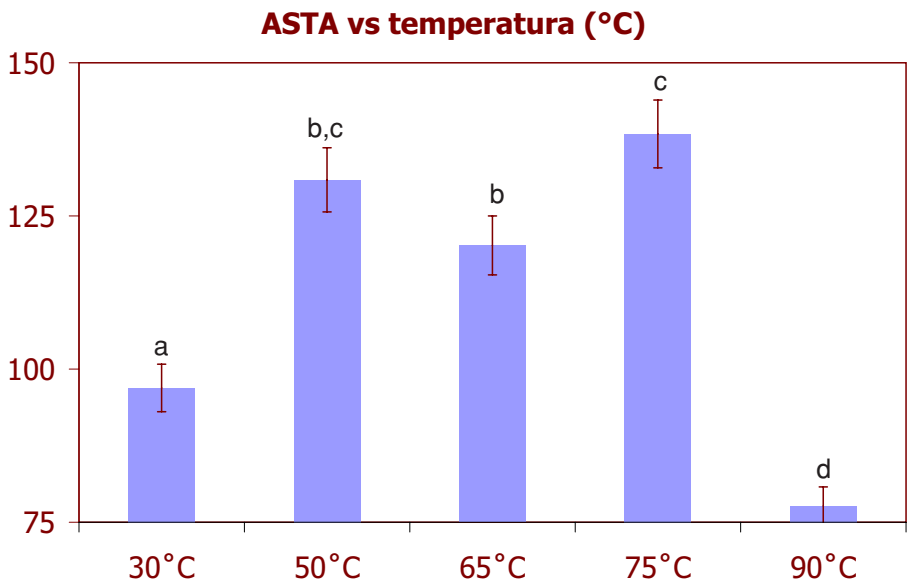


Figura 14. Efecte de la temperatura de l'aire d'assecat sobre la mesura del paràmetre ASTA (American Spice Trade Assn. units). abcd: lletres diferents indiquen l'existència de diferències significatives ($p < 0,05$)

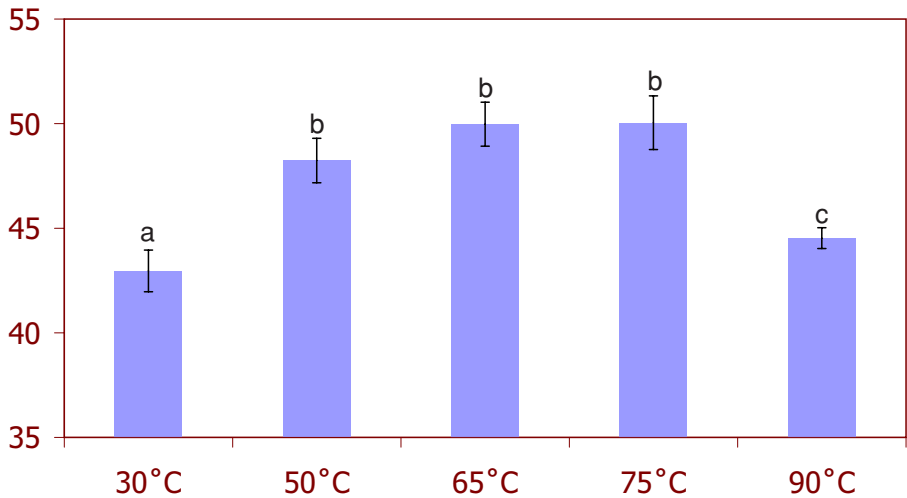
Croma vs Temperatura (°C)

Figura 15. Efecte de la temperatura de l'aire d'assecat sobre les característiques cromàtiques (paràmetre croma) del pebre vermell. abc: lletres diferents indiquen l'existència de diferències significatives ($p < 0,05$)

Els valors dels paràmetres ASTA i croma han variat de 77,7 a 138,4 (figura 14) i de 43 a 50 (figura 15), respectivament. Ramesh i col. (2001) proposaren valors més elevats per al paràmetre ASTA (de 265 a 384) en mostres de pebre vermell d'altres varietats i obtingut per deshidratació de pebre sense peduncle ni llavors. Doymaz i Pala (2002) presentaren valors inferiors de croma (entre 8,8 i 25,1) en diferents mostres de pebre vermell de diferents varietats i sotmesos a tractaments previs a la deshidratació.

Es pot observar un important efecte de la temperatura de l'aire d'assecat sobre el color final del pebre vermell. Els valors més elevats corresponen a les temperatures d'aire intermèdies, disminuint la qualitat del color a les temperatures extremes 30 i 90°C. Aquest fet pot reflectir que tant la durada del procés (la deshidratació a 30°C necessita 16,5 h per aconseguir la humitat final desitjada) com l'ús de temperatures relativament elevades (90°C) poden contribuir a la degradació dels components inductors del color. No s'han trobat diferències significatives entre el color de les mostres deshidratades a 50, 65 i 75°C. Per tant, i des d'aquest punt de vista, l'interval de temperatures de 50 a 75°C és el més adient per l'assecat del pebre vermell.

També s'ha avaluat l'efecte de la temperatura de l'aire d'assecat sobre la capacitat antioxidant del pebre. Els resultats experimentals del factor de protecció (FP) es presenten a la figura 16. Totes les mostres presentaren un factor de protecció superior a la unitat, que és indicatiu de la capacitat antioxidant d'alguns dels components del pebre vermell.

A la bibliografia es presenten diferents referències relacionades amb l'aplicabilitat del mètode Rancimat, utilitzant oli de gira-sol com a substrat per avaluar l'estabilitat de diferents productes. Cal destacar-ne els treballs de Proestos i col. i Vági i col. a l'any 2005.

A la figura 16 es pot observar una clara influència de la temperatura de l'aire ($p < 0,05$). Els valors més elevats de FP corresponen a les mostres deshidratades a 75°C, les quals dupliquen el temps d'estabilitat de l'oli de gira-sol. La capacitat antioxidant inferior correspon a les mostres deshidratades a 30°C. Aquest resultat estan en concordança amb els de Wicklund i col., de l'any 2005 que presentaren una dependència de la capacitat antioxidant amb la temperatura d'emmagatzematge.

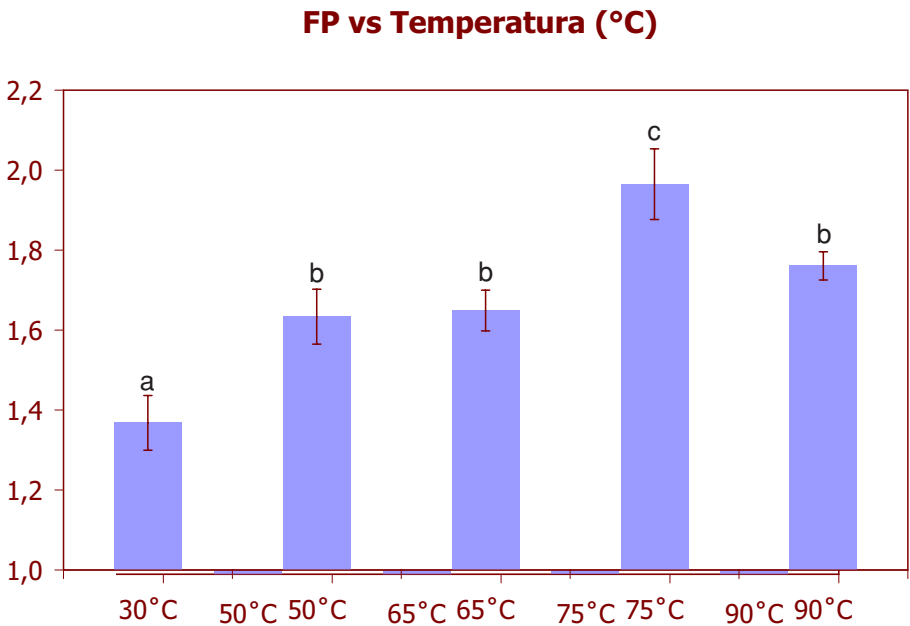


Figura 16. Efecte de la temperatura de l'aire d'assecat sobre les característiques antioxidants (factor de protecció) del pebre vermell. abc: lletres diferents indiquen l'existència de diferències significatives ($p < 0,05$)

Els resultats obtinguts indiquen que els tres paràmetres estudiats (ASTA, croma i PF) són vàlids per realitzar l'avaluació de l'efecte de la temperatura de l'aire sobre la qualitat final del pebre vermell.

També cal destacar, que la temperatura de l'aire d'assecat és un factor important a valorar amb vistes d'aconseguir un pebre vermell de qualitat òptima. Aquesta temperatura es troba a l'interval de 50-75°C.

Per tal d'aconseguir pebre vermell amb quantitats suficients per a la realització de les elaboracions de sobrassada es realitzaren dos experiments de deshidratació a escala pilot, els mesos de juliol i setembre de 2005, per a aconseguir aproximadament 1 kg de pebre vermell a cadascun d'ells.

Ambdós presentaren les següents característiques comunes:

Pebre tallat per la meitat

Mostres situades amb la cara del tall en el sentit d'entrada de l'aire d'assecat

Temperatura de l'aire constant ($60\pm 4^\circ\text{C}$), sense interrupcions

Velocitat de l'aire superior a la crítica

Deshidratador a escala pilot utilitzant una única safata

Les característiques de les mostres de pebre utilitzades es presenten a la taula 11.

Mostra	Característiques
juliol 2005	<ul style="list-style-type: none"> · Cultivades dins hivernacle amb regadiu · Assecat amb escalfament intermitent imitant els cicles solars
setembre 2005	<ul style="list-style-type: none"> · Cultiu de regadiu · Assecat continu

Taula 11. Característiques de les mostres de pebre de la collita de 2005

Com pot observar-se a la taula 12, la mostra de pebre vermell de juliol 2005 era un poc més humida i a més presentava un valor d'ASTA sensiblement inferior. Aquest fet és conseqüència del cultiu en hivernacle ja que s'havia comprovat anteriorment que no existien diferències significatives entre mostres deshidratades utilitzant un procés continu i amb escalfament intermitent imitant els cicles solars.



Pebre deshidratat. Collita del 2005. Juliol 2005



Pebre deshidratat. Collita del 2005. Setembre 2005

Mostra	Humitat (kg/kg ss)	ASTA
juliol 2005	6,26 ± 0,04	92,3 ± 0,1
setembre 2005	5,28 ± 0,02	148,0 ± 2,5

Taula 12. Mostres de pebre vermell utilitzades per l'elaboració de sobrassada. Humitat i ASTA

Es planificaren dos tipus d'elaboracions de sobrassada amb la finalitat de valorar la capacitat del pebre per mantenir el color, així com la seva capacitat antioxidant amb absència d'antioxidants artificials.

2. Elaboració de sobrassada a l'empresa Procama

Les mostres objecte d'estudi varen ésser elaborades a l'empresa Procama adscrita a la indicació geogràfica protegida sobrassada de Mallorca, emprant formulacions habituals de l'empresa.

La metodologia dissenyada consistia en la realització de dues elaboracions en condicions controlades. De cada una d'elles s'obtingué una mostra corresponent a un mínim de 12 sobrassades.

La sobrassada s'embotí en dos tipus de fibra de col·lagen de 42 i 38 mm de diàmetre.



Utiltatge. Empresa Procama

La maduració es dugué a terme tant a les microcambres de la UIB com a les cambres industrials de l'empresa col·laboradora.

El pebre vermell utilitzat per a l'elaboració de les sobrassades fou el corresponent a les mostres de juliol 2005 i setembre 2005.

Les característiques comunes a totes les elaboracions es presenten a la taula 13.

Formulació	
magre	27,6%
xulla	64,4%
sal	2,3%
pebre dolç	4,6%
Aditius	0,9%
Altres espècies	0,2%
Grau de capolat	4 mm

Taula 13. Característiques comunes de les sobrassades utilitzades per a l'estudi, elaborades a Procam

3. Elaboració a l'empresa Embotits Aguiló

Les mostres objecte d'estudi varen ésser elaborades a l'empresa Embotits Aguiló adscrita a la indicació geogràfica protegida sobrassada de Mallorca, emprant formulacions habituals de l'empresa.

El procediment seguit consistí en la realització de dues elaboracions en condicions controlades. De cada una d'elles s'obtingué una mostra corresponent a un mínim de 15 sobrassades.



Procés d'elaboració. Empresa embotits Aguiló

La sobrassada s'embotí en budell natural d'un diàmetre de $6,6 \pm 0,3$ cm.

La maduració es duqué a terme tant a les microcambres de la UIB com a les cambres industrials de l'empresa col·laboradora.

El pebre vermell utilitzat per a l'elaboració de les sobrassades fou el corresponent a mostres de juliol 2005 i setembre 2005.



Procés d'elaboració. Empresa embotits Aguiló

Les característiques comunes a totes les elaboracions es presenten a la taula 14.

Formulació	
magre	32,14%
xulla	59,69%
sal	2,01%
pebre dolç	6,16%
Grau de capolat	3 mm

Taula 14. Característiques comunes de les sobrassades utilitzades per a l'estudi, elaborades a embotits Aguiló

4. Seguiment del procés de maduració

Les condicions de maduració foren les següents:

	Procam	Embotits Aguiló	UIB
Temperatura (°C)	14	15-18	16
Humitat (%)	75-80	70-80	85

Evolució del contingut en humitat durant la maduració

A les taules 15 i 16 es presenten els resultats obtinguts en el seguiment de les variacions de pes de les diferents peces de sobrassada durant un procés de maduració de 23 dies a l'empresa Procam i de 22 dies a embotits Aguiló.

Per tal de fer el seguiment, s'han escollit de les elaboracions realitzades a l'empresa Procam tres peces de sobrassada embotides en fibran de 42 mm i tres més de 38 mm. La humitat inicial va ésser de 42% i 40% (respecte de la matèria seca) per a les mostres elaborades en pebre de la collita de juliol i de setembre.

Dies	JG1	JG2	JG3	JP1	JP3	SG1	SG2	SG3	SP1	SP2	SP3
0	264,4	288,8	295,5	188,5	214,6	269,7	242,3	244,6	187,5	192,0	180,0
2	254,2	277,5	284,3	180,9	206,5	260,2	234,0	236,2	180,7	185,0	173,8
5	249,0	271,8	278,5	177,2	201,7	254,9	228,7	230,8	176,8	181,0	169,9
9	245,4	267,5	274,9	174,7	199,0	250,7	224,4	226,7	173,5	177,8	167,0
16	237,5	259,3	266,9	169,4	192,8	243,2	217,8	219,6	168,3	172,2	161,6
23	231,8	252,0	259,3	164,8	187,2	236,0	211,7	214,0	164,0	167,3	157,0

Nomenclatura:

J: Collita de pebre de juliol de 2005

S: Collita de pebre de setembre de 2005

G: Calibre:42 mm

P: Calibre: 38 m

1,2,3: núm. de rèplica

Taula 15. Elaboració a l'empresa Procama. Variacions de pes (g) de les diferents peces de sobrassada durant un procés de maduració de 23 dies

La sobrassada elaborada a l'empresa Embotits Aguiló presentà un contingut inicial en humitat de 59 i 57% respecte de la matèria seca a les elaboracions realitzades amb pebre de les collites de juliol i setembre, respectivament. Les sobrassades, a l'inici del procés de maduració, se separaren en dos grups. El primer va madurar a les cambres de la UIB i el segon a les instal·lacions de l'empresa col·laboradora.

A) Mostres madurades a la UIB

Dies	J1	J2	J3	S1	S2	S3
0	500,9	611,1	606,1	638,5	581,8	575,2
6	454,9	557,7	555,5	580,7	532,6	524,8
13	438,9	539,4	538,3	561,6	514,6	508,3
22	424,8	522,5	521,1	545,0	498,3	493,3

B) Mostres madurades a embotits Aguiló

Dies	J4	J5	J6	S4	S5	S6
0	600,0	600,0	550,0	570,0	590,0	575,0
7	545,2	568,6	506,5	526,2	535,1	523,1
14	529,6	552,8	490,7	514,8	519,4	506,4
22	516,3	538,9	478,4	502,7	508,0	493,5

Nomenclatura:

J: Collita de pebre de juliol de 2005

S: Collita de pebre de setembre de 2005

1, 2, 3, 4, 5, 6: núm. de rèplica

Taula 16. Elaboració a l'empresa Embotits Aguiló. Variacions de pes (g) de les diferents peces de sobrassada durant un procés de maduració de 22 dies

A les figures 17 i 18 es presenta la variació del contingut d'humitat (% en sòlid sec) experimental amb el temps de maduració.

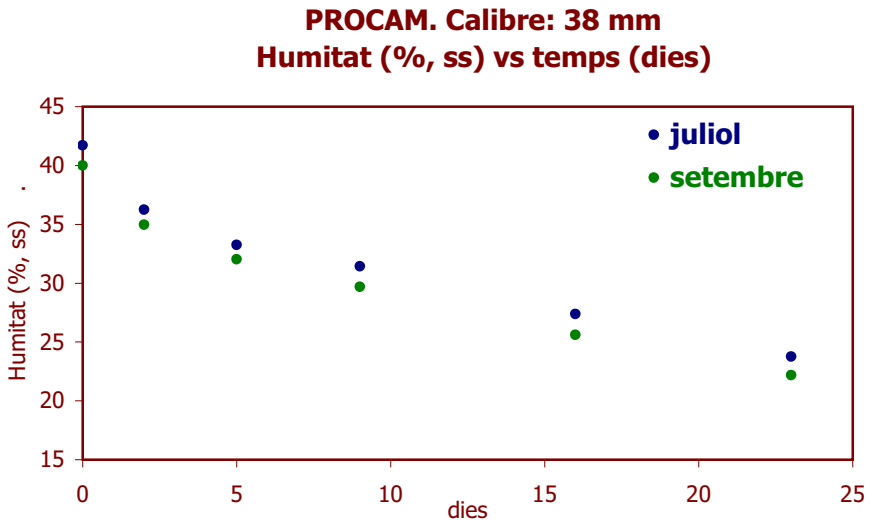
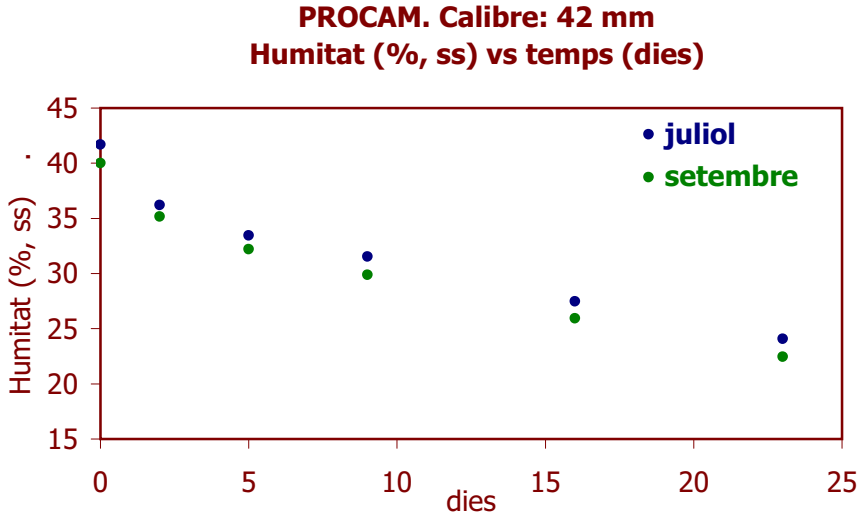
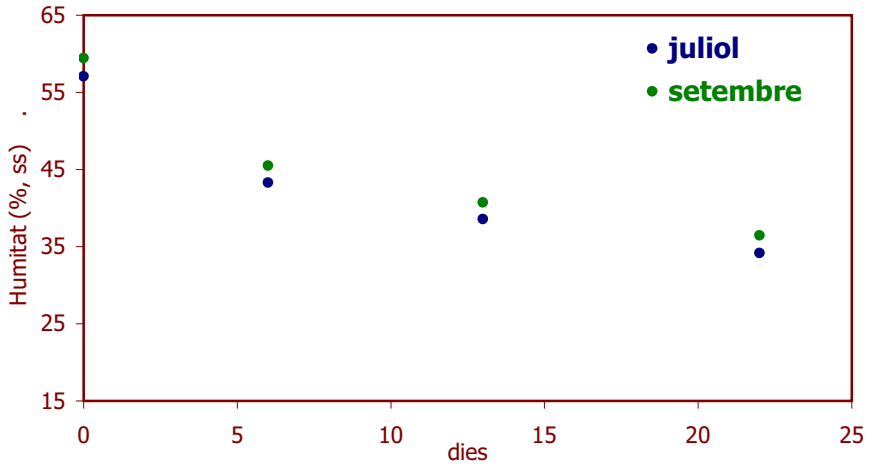


Figura 17. Elaboració a l'empresa Procama. Variació del contingut d'humitat experimental (% en sòlid sec) amb el temps de maduració. Pebre vermell de les collites de juliol i setembre

E. Aguiló. Maduració a la UIB
Humitat (%_s) vs temps (dies)



E. Aguiló. Maduració a l'empresa
Humitat (%_s) vs temps (dies)

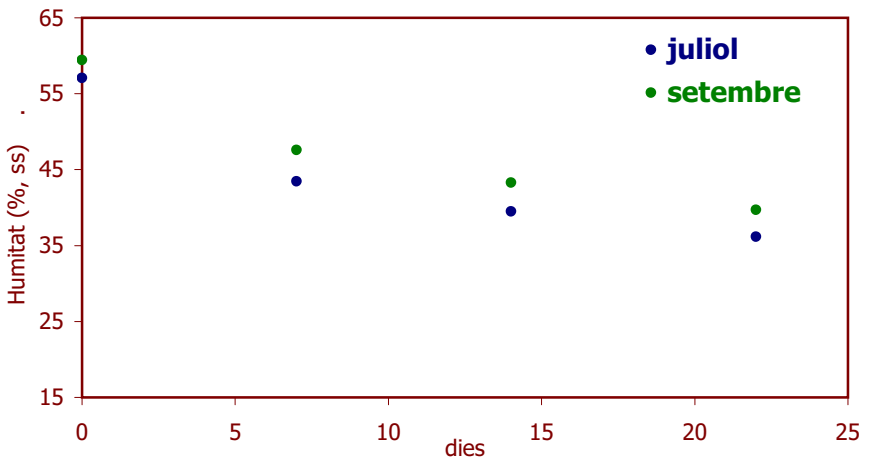


Figura 18. Elaboració a l'empresa Embotits Aguiló. Variació del contingut d'humitat experimental (% en sòlid sec) amb el temps de maduració. Mostres madurades a les instal·lacions de la UIB i simultàniament a l'empresa col·laboradora

Tal com s'observa a les figures anteriors, el contingut en humitat de les sobrassades disminueix amb la maduració. Inicialment, el contingut en humitat de les mostres elaborades a Embotits Aguiló fou significativament superior a les elaborades a Procam. El contingut d'humitat disminuï d'un valor inicial de 41,7 kg/100 kg de matèria seca fins a un valor final de 24 kg/100 kg de matèria seca en el cas de les sobrassades elaborades a Procam i de 57-59% a 40-36% en el cas d'embotits Aguiló. Això representa, en ambdues elaboracions, una pèrdua d'aigua d'aproximadament el 40% als 23 dies de maduració. Durant aquesta etapa, la disminució del contingut d'aigua a la sobrassada fou menor que l'observada a altres embotits a causa, probablement, del menor contingut inicial d'humitat: des de 61,0 fins 22,1 kg/100 kg de matèria seca al final del procés de curació en xoriços gallecs (Fernández-Fernández i col., 1998) i des de 75,7 fins 49,1 kg/100 kg de matèria seca al final de la maduració en pernills curats (Monin i col., 1997).

La variació de l'humitat de les mostres a l'empresa Embotits Aguiló és més semblant a l'observada per altres embotits anteriorment citats.

Per a un mateix elaborador, es poden observar petites diferències en l'evolució de la humitat en funció del calibre (Procam) i de les condicions d'assecat (UIB o E. Aguiló). Les mostres madurades a la UIB presenten una cinètica més ràpida degut a les més enèrgiques condicions de maduració.

Evolució del pH durant la maduració

Durant el període de maduració estudiat es realitzà el seguiment periòdic del pH com indicador bàsic d'un procés de fermentació i curació correctes.

La variació del pH durant el procés de maduració de les mostres es pot observar a les figures 19 i 20. Aquest paràmetre està relacionat amb l'estabilitat microbiològica del producte (Santamaria i col., 1992). Per altra part, l' a_w , el pH i la temperatura són els factors que durant l'assecat controlen el desenvolupament de la microflora i que majorment contribueixen a l'estabilitat del producte.

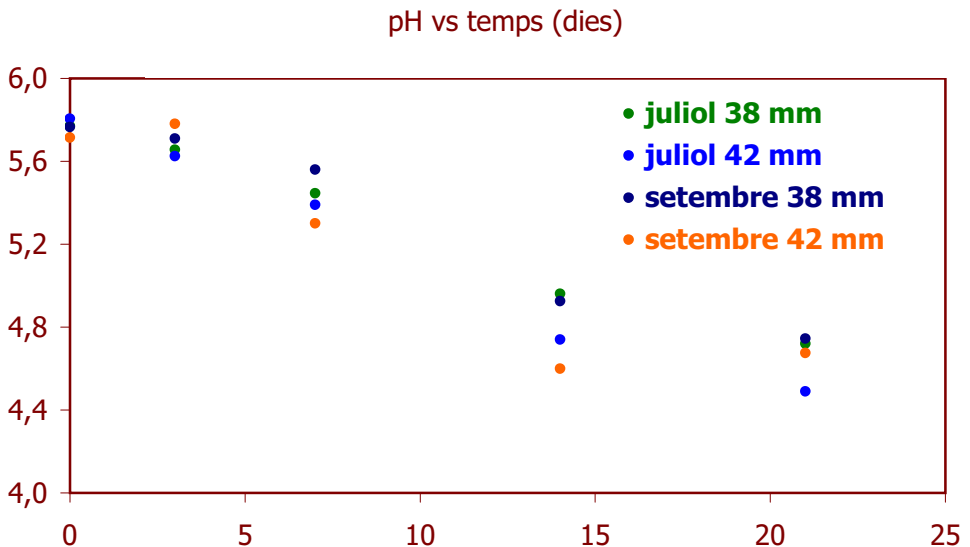
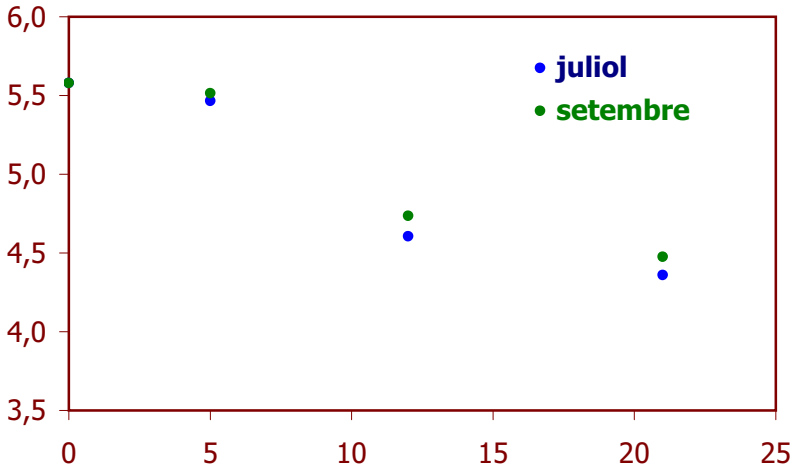


Figura 19. Elaboració Procám. Variació del pH amb el temps de maduració

E. Aguiló. Maduració a la UIB pH vs temps (dies)



E. Aguiló. Maduració a l'empresa pH vs temps (dies)

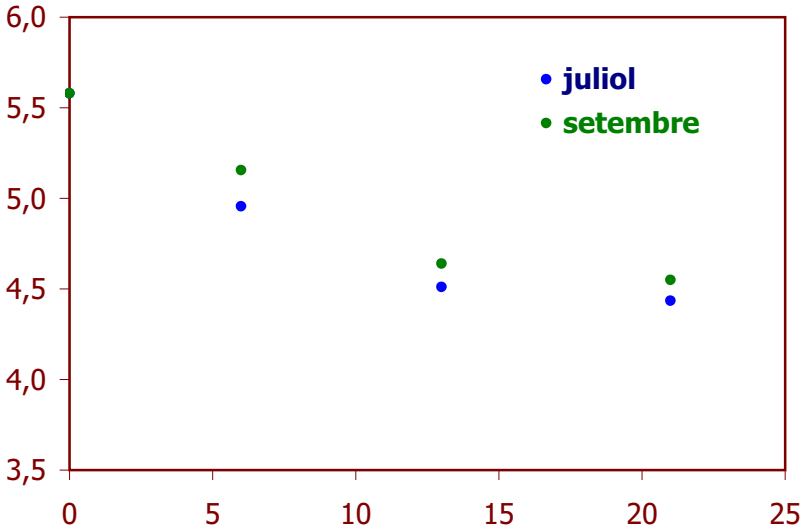


Figura 20. Elaboració Embotits Aguiló. Variació del pH amb el temps de maduració

A les figures 19 i 20 es poden comprovar les petites diferències de pH existents entre les mostres. El pH se situà al voltant de 5,7-5,5 a l'inici del procés de maduració i posteriorment disminuí ràpidament fins aconseguir un valor mitjà de 4,5. Aquest descens del pH es produeix principalment com a conseqüència de la producció d'àcid làctic a partir de la transformació dels diferents sucres (Roig-Sagués i col., 1999).

Els valors trobats en bibliografia per a altres tipus de productes crus curats indiquen una menor acidificació, observant-se valors al final del procés de maduració entre 4,8 i 5,2 a llonganisses (Navarro i col., 2006), entre 4,9 i 5,1 a salami (Stiebing i Rödel, 1990; Scannell i col., 2001), de 5,3 a xoriç gallec (Fernández-Fernández i col., 1998) i de 5,2 a fuet (Roig-Sagués i col., 1999). Rosselló et al (1995) advertí una tendència similar a l'observada en aquests embotits durant la maduració de sobrassada a una temperatura d'entre 12 i 15 °C i a una HR de l'aire entre el 70 i el 80%, determinant un valor mig de pH de 5,3 al final del procés. Aquest valor, superior a l'observat en aquest treball, és possiblement conseqüència de no haver usat cap tipus de sucre en l'elaboració de la sobrassada.

Evolució del color durant la maduració

L'estudi del color es basà en l'evolució de tres paràmetres: L* (intensitat lluminosa), a* (quantitat de vermell) i b* (quantitat de groc). A les taules 17 i 18 s'observa la variació dels tres paràmetres de color de les mostres amb el temps de maduració.

A) Calibre 42 mm

temps (dies)	juliol			setembre		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	50,4±0,7	20,0±1,1	37,2±1,2	48,5±2,0	22,4±1,5	35,6±2,6
3	50,7±1,5	19,6±1,0	34,9±3,2	47,7±0,8	22,7±0,4	34,4±1,5
7	49,3±1,2	20,4±0,7	33,3±1,9	47,9±1,3	22,1±1,5	34,0±1,9
14	46,9±1,5	21,1±1,3	35,4±2,7	46,3±1,0	22,9±0,8	35,0±1,8
21	49,8±0,8	21,7±0,8	34,6±0,7	47,4±0,7	23,2±1,0	31,9±1,8

B) Calibre 38 mm

temps (dies)	juliol			setembre		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	49,0±1,6	20,3±0,7	34,4±2,6	47,9±1,1	23,1±0,7	35,1±1,8
3	50,1±1,2	20,5±1,1	35,0±1,4	47,3±1,0	22,9±0,6	32,7±1,5
7	47,5±1,0	20,3±0,7	32,6±1,7	46,3±1,9	23,4±1,1	33,4±2,7
14	48,0±1,2	20,8±0,7	34,8±1,8	45,3±1,5	23,3±0,8	33,9±2,5
21	49,7±0,6	22,7±0,6	36,2±1,4	46,2±1,3	23,2±1,1	31,5±2,7

Taula 17. Evolució dels paràmetres de color (L*, a* i b*) amb el temps de maduració per a les mostres elaborades a l'empresa Procama. A) Calibre 42 mm. B) Calibre 38 mm

En carn i productes carnis sembla que el paràmetre L* és el que dona més informació del canvi de color (Gimeno i col., 2000). No obstant això, la importància del paràmetre a* en l'evolució del color d'aquest tipus de producte tampoc no es pot ignorar. També cal valorar la informació que proporciona el croma.

A) Maduració a la UIB

temps (dies)	juliol			setembre		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	48,78±1,3	23,5±1,3	36,9±2,2	48,7±1,3	23,5±1,3	36,9±2,2
5	48,8±0,8	23,1±1,0	35,9±2,5	46,4±1,2	25,9±1,1	35,7±2,3
12	49,5±0,8	22,7±1,3	34,5±1,4	45,1±2,0	26,2±0,9	33,3±1,9
21	49,8±0,8	22,7±1,3	34,5±1,4	45,1±0,8	26,2±1,3	33,3±1,4

B) Maduració a embotits Aguiló

temps (dies)	juliol			setembre		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	48,7±1,3	23,5±1,3	36,9±2,2	48,7±1,3	23,5±1,3	36,9±2,2
5	49,8±0,9	23,1±1,4	38,5±1,8	45,9±1,0	26,5±0,6	34,0±1,6
12	50,5±1,1	23,2±0,9	37,3±1,2	48,5±1,4	26,4±1,4	35,5±0,5
21	51,5±1,2	23,4±0,7	38,7±2,5	48,3±1,6	26,0±1,2	36,3±2,3

Taula 18. Evolució dels paràmetres de color (L*, a* i b*) amb el temps de maduració per a les mostres elaborades a l'empresa embotits Aguiló, A) Maduració a la UIB. B) Maduració a l'empresa Embotits Aguiló

A les taules 17 i 18 s'observa com el paràmetre L^* es manté pràcticament constant durant l'etapa de maduració. També cal observar els menors valors obtinguts per a les mostres de setembre. Pérez-Alvarez i col. (2006) a pernil salat i Nassu i col. (2003) a llonganissa observaren un augment del paràmetre L^* amb el temps de maduració. No obstant això, Chasco i col. (1996) a un embotit cru curat determinaren un augment de L^* durant els primers dies d'assecat i un posterior descens d'aquest paràmetre fins el final de l'etapa, moment en el qual assoliren valors molt propers als inicials.

Els valors dels paràmetres L^* i a^* determinats a la sobrassada al final de la maduració coincideixen amb els trobats a la bibliografia per a altres productes. Nassu i col. (2003) obtingueren valors de 52 en el paràmetre L^* a llonganissa, Gimeno i col. (2000) a xoriç entre 46,9 i 54,3 i Dellaglio i col. (1996) entre 39,1 i 47,3 a salami. En relació al paràmetre a^* , el valor obtingut (20-26) és semblant al valor determinat a salami (entre 22,1 i 30,1) per Dellaglio i col. (1996). Ansorena i col. (1998) trobaren valors de a^* de 23,7 en un estudi realitzat en xoriç; Gimeno i col. (2000) entre 20,4 i 26,1 per al mateix tipus d'embotit i Pérez-Alvarez (2006) obtingueren un valor entre 8,8 i 15,5 per al pernil salat.

Per contra, el valor al final de la maduració del paràmetre b^* va ésser molt superior al trobat a la bibliografia per altres tipus d'embotits crus curats. Nassu i col. (2003) determinaren valors entre 6,0 i 7,0 a llonganissa, Gimeno i col. (2000) entre 11,0 i 17,7 a xoriç i Dellaglio i col. (1996), entre 5,7 i 8,9 a salami. El fet d'obtenir un valor més elevat del paràmetre b^* respecte d'altres tipus de productes crus curats està relacionat amb la presència de carotenoides grocs (b -carotè i criptoxantina) a la sobrassada que provenen del pebre vermell (Gimeno i col. 2000).

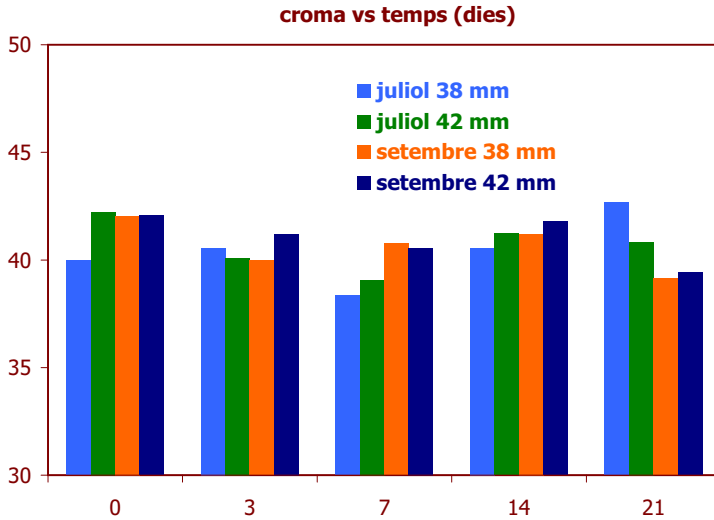


Figura 21. Evolució del croma durant el període de maduració. Elaboració a l'empresa Procama

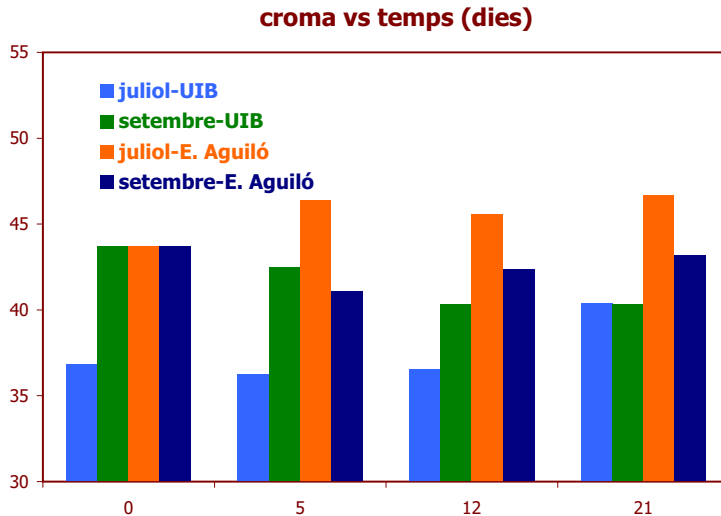


Figura 22. Evolució del croma durant el període de maduració. Elaboració a l'empresa Embotits Aguiló

Tampoc han estat observades diferències significatives als paràmetres a^* i b^* amb el temps de maduració. L'evolució del croma amb el temps de maduració es presenta a les figures 21 i 22. Aquest paràmetre pre-

sentats valors entre 42,7 i 38,4 per a les mostres elaborades a l'empresa Procam i de 46,7-36,3 en el cas de les mostres elaborades a l'empresa Embotits Aguiló.

5. Anàlisi sensorial de les mostres de sobrassada

La realització de l'anàlisi sensorial de mostres de sobrassada elaborada a Procam comptà amb la col·laboració del jurat de tast de l'AFAIB.

Es realitzaren tres tipus d'avaluacions sensorials.

Prova d'acceptació. Consisteix en presentar a la vegada i a cadascun dels jutges de tast, les mostres que són objecte de la prova. D'aquesta manera, cada jutge les classifica en dos grups en funció de si li semblen o no acceptables per a la venda i/o consum.

Els resultats d'aquesta prova van ser concloents: totes les mostres elaborades a l'empresa Procam van ser considerades acceptables i adequades per a la seva comercialització.

Prova d'ordenació. La prova consisteix en fer una avaluació del grau de preferència per part del jurat. S'ordenen les mostres per preferència visual, de sabor, textura, color i/o aroma, indicant si alguna de les mostres no és apta per al consum.

Els resultats d'aquesta prova indicaren una clara preferència dels jutges per les mostres elaborades en pebre de juliol o setembre. Aquesta valoració s'observà en tots i cadascun dels aspectes de l'anàlisi sensorial (visual, de sabor, textura, color i aroma) realitzat.

Valoració mitjançant el full de Tast del Consell regulador de la indicació geogràfica protegida sobrassada de Mallorca

La qualificació de les sobrassades es realitzà segons la puntuació total obtinguda per la mostra. Els criteris establerts són: molt bé: 0-21; bé: 22-56; regular: 57-84; fluix: 85-99; eliminat: 100 o superior a 100.

Els resultats obtinguts es presenten a la Taula 19.

		juliol		setembre	
		valor mig	desviació	valor mig	desviació
Fase visual	color	3,6	1,7	2,7	2,2
	clapat	3,2	0,7	3,3	1,6
	tipicitat	5,6	3,6	7,1	3,3
Fase olfativa	fermentació	2,4	2,0	3,1	1,5
	altres defectes	1,2	1,9	1,0	1,5
Fase tàctil	consistència	3,6	1,7	1,8	2,0
	tipicitat	9,9	4,4	9,3	4,4
Fase gustativa	gust final	3,4	2,1	2,9	1,3
	defectes	1,9	1,9	2,4	2,0
Altres fases	consistència boca	4,3	1,4	3,7	2,4
	residu	3,9	1,5	3,9	1,1
Puntuació		43,0		41,2	

Taula 19. Anàlisi sensorial realitzat pel jurat de tast. Avaluació realitzada segons els criteris de Tast de la IGP sobrassada de Mallorca

La qualitat de les sobrassades elaborades amb pebre tap de cortí ha quedat avalat per les bones puntuacions (43,0 i 41,2) obtingudes per les mostres elaborades a l'empresa Procám.

Aquests resultats ratifiquen la viabilitat d'elaborar sobrassada sense fer ús d'antioxidants artificials. Els antioxidants del pebre vermell tap de cortí han estat suficients per assegurar un correcte procés de maduració.

VII. Conclusions

Del treball realitzat es poden extreure les conclusions que es presenten a continuació i que suposen uns primers resultats vàlids per abordar la problemàtica de l'ús d'energia solar per a la deshidratació de pebre vermell tap de cortí.

1) Obtenció de pebre vermell de la varietat tap de cortí

- La deshidratació de pebre vermell s'ha realitzat tallant parcialment el peduncle. El pericarp suposa el 68,9% de la mostra deshidratada, les llavors el 28,2% i finalment, el peduncle el 2,9%. Aquest elevat percentatge de llavors ha resultat adequat per a l'obtenció d'un producte de qualitat.
- El rendiment del procés d'assecat ha estat d'1 kg de pebre sec per 5-6 kg de pebre fresc.
- Mitjançant la metodologia dissenyada per a aquest estudi s'ha pogut obtenir pebre vermell de qualitat adequada per a la seva incorporació a sobrassada de Mallorca.
- El cultiu en hivernacle ha minvat la qualitat del pebre vermell deshidratat (el paràmetre ASTA no ha presentat valors superiors a 100).
- El cultiu de pebre vermell en condicions de reguiu ha donat lloc, després del procés de deshidratació i molturació, a un producte amb un ASTA superior a 120 (entre 120 i 174).

2) Procés de deshidratació

- Efecte del grau de maduresa de la matèria primera. Un dels punts importants a avaluar és l'efecte del grau de maduresa de la matèria primera sobre la corba d'assecat. S'ha deshidratat pebre molt madur i pebre en el seu punt òptim de maduració. Els resultats obtinguts, utilitzant una temperatura de l'aire de 55°C, mostren petites diferències entre ambdues corbes d'assecat i també en la qualitat del producte final.
- No s'han trobat dades bibliogràfiques d'isotermes de pebre ver-

mell de la varietat tap de cortí. Per tant, es determinà l'activitat d'aigua a 25°C de mostres de pebre vermell amb diferents continguts d'humitat, entre 0,8 i 0,043 kg aigua/kg ss. A partir dels resultats obtinguts experimentalment de la variació de l'activitat d'aigua amb el contingut d'humitat de les mostres de pebre vermell de la varietat tap de cortí, s'identificaren els paràmetres corresponents als models d'Oswin i Halsey. Els dos models avaluats permeten estimar correctament l'activitat d'aigua de pebre vermell a 25°C, si bé sembla ésser que el model d'Oswin és el que proporciona una simulació més acurada, presentant un valor de percentatge de variància més elevat (96,2%).

- Avaluació de l'efecte de la velocitat de l'aire d'assecat. S'ha determinat que valors superiors a 1,5 m/s (velocitat crítica) no indueixen un augment de la velocitat de deshidratació i sí un major consum energètic. Aquest valor crític es manté gairebé constant per tot l'interval de temperatures estudiat.
- Avaluació de l'efecte de la temperatura de l'aire sobre la qualitat del producte final. El seguiment de les corbes de deshidratació s'ha realitzat mesurant les variacions de pes amb el temps, fins arribar a una humitat final de 0,2 kg aigua/kg ss. Els resultats obtinguts són coherents ja que s'observà una major velocitat de deshidratació als experiments realitzats a temperatures d'aire més elevades.
- Simulació de les variacions tèrmiques que tenen lloc com a conseqüència de la variabilitat tèrmica horària: Assecat amb rampes de temperatura. S'ha analitzat un procés de deshidratació fent ús de rampes de temperatures ascendents i descendents. Les rampes ascendents han resultat ésser molt més eficaces des del punt de vista cinètic.
- S'ha avaluat la viabilitat d'utilitzar un procés amb rampes de temperatura escalonades, amb una variació de temperatura constant. No s'han observat grans diferències entre l'ús de graons corresponents a increments de 5°C cada hora o cada 2 hores. **Aquests fets semblen indicar la viabilitat d'utilitzar la radiació solar com a font energètica pel procés de deshidratació.**

- Cicles solars dia/nit. L'assecat intermitent o en cicles consisteix en una interrupció de l'escalfament, a intervals predeterminats, durant l'assecat. Des del punt de vista cinètic, la interrupció de l'escalfament no ha tingut un efecte significatiu (s'observà un lleuger augment de la velocitat, possiblement degut a l'efecte de l'homogeneïtzació). **Aquests resultats mostren la possibilitat de realitzar interrupcions nocturnes a l'hora d'utilitzar energia solar.**

3) Qualitat del pebre vermell *tap de cortí*

- La qualitat del pebre vermell ha estat avaluada mitjançant els paràmetres ASTA, coordenades de color CIELab* i temps d'inducció (Mètode Rancimat). Els tres paràmetres han demostrat ésser útils per tal de valorar la qualitat del pebre vermell.
- La determinació del factor de protecció (Mètode Rancimat) ha demostrat ésser un mètode nou i vàlid per a la valoració de la capacitat antioxidant del pebre vermell.
- Mitjançant la metodologia proposada, la deshidratació a una temperatura de l'aire entre 50 i 75°C i molturació en condicions tèrmiques suaus s'ha aconseguit el pebre vermell de la millor qualitat.

4) Sobrassada elaborada amb pebre vermell *tap de cortí*

- Les elaboracions de sobrassada amb pebre de la collita de 2004 permeteren verificar la correcta maduració de les peces, tant des del punt de vista fisicoquímic com organolèptic. En aquestes elaboracions s'usaren les proporcions i tipus de antioxidants sintètics habituals a l'empresa col·laboradora.
- El personal de l'empresa Procam i el jurat de tast constituït a la UIB, juntament amb el coordinador del projecte, analitzaren les mostres elaborades a l'empresa Procam i la sobrassada casolana, i les qualificaren com adequades per al consum. El grau d'acidesa i les característiques de textura i aroma es consideraren correctes.

- Les elaboracions de sobrassada amb pebre de la collita de 2005 es realitzaren sense cap tipus d'antioxidants artificials. **L'activitat antioxidant del pebre vermell va ésser suficient per mantenir les característiques de qualitat de la sobrassada.**
- Es feu un seguiment del procés de maduració de mostres de sobrassades elaborades amb pebre vermell de la collita de 2005. Els resultats obtinguts indicaren una correcta maduració, tant les elaborades amb pebre vermell d'hivernacle com les que utilitzaren la collita de setembre de 2005.
- **No s'ha produït cap tipus de decoloració** (determinada per mesures colorimètriques) de les mostres de sobrassada, elaborades a Procam i madurades a la UIB, abans del seu moment òptim de comercialització.
- Les mostres elaborades a Embotits Aguiló, en el moment de finalitzar aquest projecte, no estan en el seu punt òptim de maduració. Són peces d'un calibre gruixut i és recomanable un mínim de 45 dies. L'evolució dels paràmetres fisicoquímics amb el temps indiquen, en el període avaluat de 23 dies, un procés de maduració correcte.

VIII. Publicacions científiques generades

El treball realitzat en el marc d'aquest projecte d'investigació ha culminat amb la publicació d'un article a la revista:

Autors: S. Simal, M.C. Garau, A. Femenia i C. Rosselló

Títol: Drying of Red Pepper (*Capsicum Annuum*): Water Desorption and Quality

Revista: International Journal of Food Engineering

Volum: 1 **Número:** 4 **article núm** 1

Any: 2005

Lloc de publicació: (EUA)

i la participació en el congrés

Autors: M. C. Garau, A. Mulet, R. González i A. Femenia

Títol: Effect of temperature on quality during dehydration of red pepper *Capsicum annuum* var. tap de cortí

Congrés: Association Française de Séchage pour l'Industrie et l'Agriculture – AFSIA 2005

Any: 2005 **Ciutat:** París **País:** França

IX. Bibliografia relacionada amb el tema

- Abramovic H. ; Abram V. (2005). Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. *FOOD TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY* **43**(1): 63-70.
- Ansorena, D.; Zapelena, M. J.; Astiasaran, I.; Bello, J. Simultaneous addition of palatase M and protease P to a dry fermented sausage (Chorizo de Pamplona) elaboration: effect over peptidic and lipid fractions. *MEAT SCIENCE* (1998), 50(1), 37-44.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. N° 934.06. Arlington.
- ASTA (1985). Official analytical method of the American Spice Trade Association. Industrial Edition. Englewood Cliffs, 41-42.
- Azzouz S.; Guizani A.; Jomaa W. ; Belghith A. (2002). Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grapes. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **55**: 323-33.
- Biacs PA; Daood HG; Pavis A; Hajdu F. (1989) Studies on the carotenoid-pigments of paprika (*capsicum-annuum-l var sz-20*). *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **37**, 350-353.
- Bouvier F.; Keller Y.; D'Harlingue A.; Camara B. (1998). Xanthophyll biosynthesis: molecular and functional characterization of carotenoid hydroxylases from pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *BIOCHIMICA ET BIOPHYSICA ACTA-LIPIDS AND LIPID METABOLISM*, **1391**: 320-328.
- Bouvier F; D'Harlingue A; Huguency P; Marin E; MarionPoll A; Camara B (1996). Xanthophyll biosynthesis - Cloning, expression, functional reconstitution, and regulation of beta-cyclohexenyl carotenoid epoxidase from pepper (*Capsicum annuum*). *JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY*, **271**: 28861-28867.
- Carbonell JV.; Piñaga F.; Yusá V. ; Peña JL. (1986). The dehydration of paprika with ambient and heated air and the kinetics of color degradation during storage. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **5**: 179-193.
- Collera-Zuniga O.; Jimenez FG.; Gordillo RM. (2005). Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annuum* L. *FOOD CHEMISTRY*, **90**: 109-114.
- Chasco, J.; Lizaso, G.; Beriain, M. J. Cured color development during sausage processing. *MEAT SCIENCE* (1996), 44(3), 203-211.

- Deli J.; Matus Z.; Molnar P.; Toth G.; Szalontai G.; Steck A.; Pfander H. (1994). Nigroxanthin (3',4'-didehydro-beta,gamma-carotene-3,6'-diol), a new carotenoid isolated from paprika (*Capsicum-annuum* var *longum-nigrum*). *CHIMIA*, **48**: 102-104.
- Deli J.; Matus Z.; Szabolcs J.(1992). Carotenoid composition in the fruits of black paprika (*Capsicum-annuum* variety *longum-nigrum*) during ripening. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **40**: 2072-2076.
- Deli J.; Matus Z.; Toth G. (1996). Carotenoid composition in the fruits of *Capsicum annuum* cv Szentesi Kosszarvu during ripening. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **44**: 711-716.
- Deli J.; Molnar P.; Matus Z.; Toth G.; Steck A. (1996). Reisolation of carotenoid 3,6-epoxides from red paprika (*Capsicum annuum*). *HELVETICA CHIMICA ACTA*, **79**: 435-1443.
- Deli J.; Molnar P.; Matus Z.; Toth G.; Traber B.; Pfander H. (2001). 'Prenigroxanthin' [(all-E,3R,3' S,6' S)-beta,gamma-carotene-3,3',6',-triol], a novel carotenoid from red paprika (*Capsicum annuum*).*TETRAHEDRON LETTERS*, **42**: 1395-1397.
- Deli J.; Toth G. (1997). Carotenoid composition of the fruits of *Capsicum annuum* cv. Bovet 4 during ripening. *ZEITSCHRIFT FUR LEBENSMITTEL-UNTERSUCHUNG UND-FORSCHUNG A-FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY*, **205**: 388-391.
- Dellaglio, S.; Casiraghi, E.; Pompei, C. Chemical, physical and sensory attributes for the characterization of an italian dry-cured sausage. *MEAT SCIENCE* (1996), **42**(1), 25-35.
- Doymaz I.; Pala M. (2002). Hot air drying characteristics of red pepper. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **55**: 331-335.
- Ezeiki GOI.; Otten L. (1991). Two-compartment model for drying unshelled melon (egusi) seeds. *CANADIAN AGRICULTURAL ENGINEERING* **33**(1): 73-78.
- Fernandez-Fernandez, E.; Vazquez-Oderiz, M. L.; Romero-Rodriguez, M. A. Color changes during manufacture of Galician chorizo sausage. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A: FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY* (1998), **207**(1), 18-21.
- Gimeno, Olga; Ansorena, Diana; Astiasaran, Iciar; Bello, Jose (2000). Characterization of chorizo de Pamplona: instrumental measurements of colour and texture. *FOOD CHEMISTRY*, **69**(2), 195-200.

- Gómez-Ladrón de Guevara R.; Parra-López V.; Pardo-González J. E.; Amo-Saus M.L.I.; Varón-Castellanos R. (1998). Influence of storage conditions on pigment degradation in paprikas from different greenhouse pepper cultivars. *JOURNAL SCIENCE FOOD AGRICULTURAL*, **78**: 321-328.
- Ho J.C.; Chou S.K.; Chua K.J.; Mujumdar A.S.; Hawlader M.N.A. (2002). Analytical study of cyclic temperature drying: effect on drying kinetics and product quality. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **51**(1): 65-75.
- Hornero-Mendez D.; Costa-García J.; Minguez-Mosquera M.I. (2002) Characterization of carotenoid high-producing *Capsicum annuum* cultivars selected for paprika production. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **50**: 5711-5716.
- Hornero-Mendez D.; Minguez-Mosquera M.I. (1998). Isolation and identification of the carotenoid capsolutein from *Capsicum annuum* as cucurbitaxanthin A. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **46**: 4087-4090.
- Hornero-Mendez D.; Minguez-Mosquera M.I. (2000). Xanthophyll esterification accompanying carotenoid overaccumulation in chromoplast of *Capsicum annuum* ripening fruits is a constitutive process and useful for ripeness index. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **48**: 1617-1622.
- Hossain M.A.; Bala B.K. (2002). Thin layer drying characteristics for green chilli. *DRYING TECHNOLOGY* **20**(2): 489-505.
- Hung T.V.; Liu L.H.; Black R.G.; Trehwella M.A. (1993). Water absorption in chickpea (*C. arietinum*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using Peleg model. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE* **58**: 848-852.
- Ittah Y.; Kanner J.; Granit R. (1993). Hydrolysis study of carotenoid-pigments of paprika (*Capsicum-annuum*-I variety lehava) by hplc photodiode-array detection. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **41**: 899-901.
- Kaya S.; Kahyaoglu T. (2005). Thermodynamic properties and sorption equilibrium of pestil (grape leather). (2004). *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **71**(2): 200-207.
- Kaymak-Ertekin F. (2002). Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*, **67**: 168-175.
- Kim S.; Park J.B.; Hwang I.K. (2002). Quality attributes of various varieties of Korean red pepper powders (*Capsicum annuum* L.) and color stability during sunlight exposure. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE* **67**(8): 2957-2961.
- Kiranoudis C.T.; Maroulis Z. B.; Marinos-Kouris D. (1992). Drying kinetics of onion and green pepper. *DRYING TECHNOLOGY* **10**(4): 995-1011.

- Lee D.S.; Chung S.K. ; Yam K.L. (1992). Carotenoid loss in dried red-pepper products. INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY **27**(2): 179-185.
- Liu J.B.; Chang SKC. ; Wiesenborn D. (2005). Antioxidant properties of soybean isoflavone extract and tofu in vitro and in vivo. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY **53**(6): 2333-2340.
- Louli V. ; Ragoussis N. ; Magoulas K. (2004). Recovery of phenolic antioxidants from wine industry by-products. BIORESOURCE TECHNOLOGY **92**: 201-208.
- Madamba PS. (2003). Thin Layer Drying Models for Osmotically Pre-dried Young Coconut. DRYING TECHNOLOGY **21**(9): 1759-1780.
- Maharaj V.; Sankat C.K. (2000). Rehydration characteristics and quality of dehydrated dasheen leaves. CANADIAN AGRICULTURAL ENGINEERING **42**: 81-85.
- Matsufuji H.; Chino M.; Takeda M. (2004). Effects of paprika pigments on oxidation of linoleic acid stored in the dark or exposed to light. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY **52**(11): 3601-3605.
- Mejia LA.; Hudson E.; Demejia EG.; Vazquez F. (1998). Carotenoid content and vitamin activity of some common cultivars of mexican peppers (capsicum-annuum) as determined by HPLC. JOURNAL OF FOOD SCIENCE, **53**: 1448-1451.
- Menkov ND.; Durakova AG. (2005). Equilibrium Moisture Content of Semi-Defatted Pumpkin Seed Flour. INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD ENGINEERING **1**(3), April 1.
- Minguez-Mosquera M.I; Hornero-Mendez D. (1993). Separation and quantification of the carotenoid-pigments in red-peppers (capsicum-annuum-l), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY, **41**, 1616-1620.
- Mínguez-Mosquera M.I.; Jarén-Galán M.; Garrido-Fernández J. (1994). Influence of the industrial drying processes of pepper fruits (Capsicum annum cv. Bola) for paprika on the carotenoid content. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY **42**: 1190-1193.
- Minguez-Mosquera M.I.; Jarengalan M.; Garrido-Fernandez J. (1994). Influence of the industrial drying processes of pepper fruits (capsicum-annuum cv bola) for paprika on the carotenoid content. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY, **42**: 1190-1193.

- Minguez-Mosquera MI.; Perez-Galvez A.; Garrido-Fernandez J. (2000). Carotenoid content of the varieties Jaranda and Jariza (*Capsicum annuum* L.) and response during the industrial slow drying and grinding steps in paprika processing. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **48**: 2972-2976.
- Monin, G.; Marinova, Penka; Talmant, A.; Martin, J. F.; Cornet, Monique; Lanore, D.; Grasso, F. Chemical and structural changes in dry-cured hams (Bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique. *MEAT SCIENCE* (1997), **47**(1/2), 29-47.
- Mouly PP.; Gaydou EM.; Corsetti J. (1999). Characterization of paprika (*Capsicum annuum*) extract in orange juices by liquid chromatography of carotenoid profiles. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **47**: 968-976.
- Nassu, R.T., Goncalves, L.A.G., da Silva, M.A.A.P., Beserra, F.J. (2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *MEAT SCIENCE* **63**(1): 43-49.
- Navarro, J.M., Flores, P., Garrido, C., Martínez, V. (2006). Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *FOOD CHEMISTRY* **96**(2006) 66-73.
- Nguyen TA.; Verboven P.; Daudin JD.; Nicolaï BM. (2004). Measurement and modelling of water sorption isotherms of "Conference" pear flesh tissue in the high humidity range. *POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY*, **33**: 229-241.
- Panchariya PC.; Popovic D.; Sharma AL. (2002). Thin-layer modelling of black tea drying process. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **52**(4): 349-357.
- Park KJ.; Vohnikova Z.; Reis Brod FP. (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **51**: 193-199.
- Passamai V; Saravia L. (1997). Relationship between a solar drying model of red pepper and the kinetics of pure water evaporation. 2. *DRYING TECHNOLOGY*, **15**: 1433-1455.
- Perez-Alvarez, J. A.; Fernandez-Lopez, J. Chemistry and biochemistry of color in muscle foods. *FOOD BIOCHEMISTRY AND FOOD PROCESSING* (2006), 337-350.
- Perez-Galvez A.; Garrido-Fernandez J.; Lozano-Ruiz M.; de Espinosa VM.; Minguez-Mosquera MI. (2001). Influence of the slow drying at low-temperature in the carotenoid content of two pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). Biosynthetic and/or degradative balance as a function of the processing conditions. *GRASAS Y ACEITES*, **52**: 311-316.

- Perez-Galvez A.; Hornero-Mendez D.; Minguez-Mosquera MI. (2004). Changes in the carotenoid metabolism of capsicum fruits during application of modelized slow drying process for paprika production. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **52**: 518-522.
- Perez-Galvez A.; Minguez-Mosquera MI. (2001). Structure-reactivity relationship in the oxidation of carotenoid pigments of the pepper (*Capsicum annuum* L.). *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, **49**: 4864-4869.
- Proestos C.; Chorianopoulos N. ; Nychas GJE. ; Komaitis M. (2005). RP-HPLC Analysis of the Phenolic Compounds of Plant Extracts. Investigation of Their Antioxidant Capacity and Antimicrobial Activity. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY* **53**(4): 1190-1195
- Ramesh M.; Wolf W.; Tevini D. ; Jung G. (2001). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **49**: 63-72.
- Roig Sagués, A.X.; Hernandez Herrero, M.; López Sabater, E.I.; Rodríguez Jerez, J.J., Mora Ventura, M.T. (1999). Microbiological events during the elaboration of "fuet", a Spanish ripened sausage. Relationship between the development of histidine- and tyrosine-decarboxylase-containing bacteria and pH and water activity. *EUROPEAN FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY*, **209**: 108-112.
- Rosselló, C., Barbas, J.I., Berna, A., López, N. (1995). Microbial and chemical-changes in sobrasada during ripening. *MEAT SCIENCE* **40**(3): 379-385
- Sanjuan N.; Lozano M.; García-Pascual P.; Mulet A. (2003). Dehydration kinetics of the red pepper (*Capsicum annuum* L var Jaranda), *JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE* **83**: 697-701.
- Sanjuan N.; Simal S.; Bon J. ; Mulet A. (1999). Modelling of broccoli stems rehydration process. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **42**: 27-31.
- Santamaria, I.; Lizarraga, T.; Astiasaran, I.; Bello, J. Pamplona chorizo standardization. Physicochemical and sensorial study. *REVISTA ESPAÑOLA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS* (1992), **32**(4), 431-45
- Scannell, C. Hill, R. Ross, G. Schwarz, E. Arendt (2001) Effect of nitrite on a bacteriocinogenic *Lactococcus lactis* transconjugant in fermented sausage *EUROPEAN FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY*, **213**(1): 1-82.
- Senadeera W.; Bhandari BR.; Young G. ; Wijesinghe B. (2003). Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidised bed drying. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*, **58**: 277-283.

- Simal S.; Femenia A.; Garau M.C. ; Rosselló C. (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **66**(3): 323-328.
- Simal S.; Mulet A.; Tarrazo J. ; Rosselló C. (1996). Drying models for green pea. *FOOD CHEMISTRY* **55**(2):121-128.
- Simal S.; Rosselló C.; Berna A. ; Mulet A. (1998). Drying of Shrinking Cylinder-shaped Bodies. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*, **37**: 423-435.
- Simkin A.J; Zhu CF.; Kuntz M.; Sandmann G. (2003).Light-dark regulation of carotenoid biosynthesis in pepper (*Capsicum annum*) leaves. *JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, **160**: 439-443.
- Sopade PA. ; Kaimur K. (1999). Application of Peleg's equation in desorption studies of food systems: A case study with sago (*Metroxylon Sagu Rottb.*) starch. *DRYING TECHNOLOGY* **17**(4-5): 975-989.
- Stiebing, A., Rödel, W. (1990). Influence of pH in drying pattern in dry sausages. *FLEISCHWIRTSCHAFT* **70**(9): 1039-1043.
- Suzuki K.; Mori M.(2003). Carotenoid composition of new cultivar of *Capsicum annum* during maturation and its high capsanthin content. *JOURNAL OF THE JAPANESE SOCIETY FOR FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, **50**: 324-326.
- Takaichi S.; Sandmann G.; Schnurr G.; Satomi Y.; Suzuki A.; Misawa N. (1996). The carotenoid 7,8-dihydro-psi end group can be cyclized by the lycopene cyclases from the bacterium *Erwinia uredovora* and the higher plant *Capsicum annum*. *EUROPEAN JOURNAL OF BIOCHEMISTRY*, **241**: 291-296.
- Turhan M.; Sayar S. ; Gunasekaran S. (2002). Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **53**(2): 153-159.
- Turhan M.; Turkaan K. N.; Sahbaz F. (1997). Drying kinetics of red pepper. *JOURNAL OF FOOD PROCESS AND PRESERVATION* **21**: 209-223.
- Uquiche E.; del Valle JM.; Ortiz J. (2004). Supercritical carbon dioxide extraction of red pepper (*Capsicum annum* L.) oleoresin. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING* **65**: 55-66.
- Vági, E.; Rapavi, E.; Hadolin, M.; Vásárhelyiné Perédi, K.; Balázs, A. ; Blázovics, A. and Simándi. (2005). Phenolic and Triterpenoid Antioxidants from *Origanum majorana* L. Herb and Extracts Obtained with Different Solvents. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY* **53**(1): 17-21.

- Vàzquez G.; Chenlo F.; Moreira R. (2002). "Modeling of desorption isotherms of chestnut: Influence of temperature and evaluation of isosteric heats". DRYING TECHNOLOGY, **19**(6): 1189-1199.
- Wicklund T, Martinsen BK, Sundfør MW, Rosenfeldt HJ, Bruun T, Lea P, Blomhoff R, Haffner K. (2005). Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. LEBENSM. -WISSENSCHAFT UND TECHNOLOGY, **38**: 387-391.
- Zorn H; Breithaupt DE; Takenberg M; Schwack W; Berger RG. (2003). Enzymatic hydrolysis of carotenoid esters of marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) and red paprika (*Capsicum annuum* L.) by commercial lipases and *Pleurotus sapidus* extracellular lipase. ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY, **32**: 623-628.