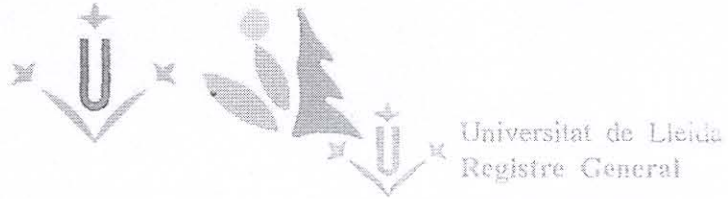


(243) "1995" Piq

UNIVERSITAT DE LLEIDA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA DE LLEIDA

1600/24642



19 SET. 1995

E: 3898

S:

TESI DOCTORAL



TECNOLOGIA POSTCOLLITA DE L'AVELLANA.

ASSECATGE I FRIGOCONSERVACIÓ DE L'AVELLANA
(*Corylus avellana* L.)

Maria Teresa Piqué Ferré
Juny 1995

010-43360

El temps necessari per assolir la humitat de la malta a l'inici de l'interval, sota les noves condicions de l'aire d'entrada es denomina temps equivalent (t_{eq}), i es calcula:

$$t_{eq} = \left[\frac{\ln \left[\frac{X - X_e}{X_o - X_e} \right]}{k} \right]^{1/u} \quad (2.14)$$

El temps que s'introdueix en l'equació de Page per a trobar la humitat de l'avellana al final de l'interval, és el temps equivalent més el valor de l'interval de temps considerat. L'equació de Page en forma diferencial queda:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = -[X - X_e] \cdot k \cdot u \cdot [t_{eq} + \delta t]^{u-1} \quad (2.15)$$

L'equació 2.15 en forma de diferències finites és:

$$\Delta X = -[X - X_e] \cdot k \cdot u \cdot [t_{eq} + \Delta t]^{u-1} \cdot \Delta t \quad (2.16)$$

2.5.2. Càlcul de les propietats de l'aire humit

La diferència entre la pressió parcial del vapor d'aigua a l'aire i la pressió de la humitat al producte és el poder d'assecat que té l'aire; per tant, en el model de simulació cal incloure les relacions entre l'aire i el vapor d'aigua, o propietats psicromètriques.

Les equacions emprades en el càlcul de les diferents propietats de l'aire són:

- Humitat absoluta de l'aire (w_a)

$$w_a = 0,622 \cdot \frac{\psi \cdot P_s}{p - \psi \cdot P_s} \quad (2.17)$$

- on p = pressió de l'aire ambient.
 ψ = humitat relativa de l'aire.

- Pressió de saturació de l'aire (p_s)

$$p_s = \frac{\exp\left[14,293 - \frac{5291}{T_a + 273,15}\right]}{3,2917 - 0,01527 \cdot [T_a + 273,15] + 2,54 \cdot 10^{-5} \cdot [T_a + 273,15]^2} \quad (2.18)$$

(si $T_a < 60^\circ\text{C}$)

$$p_s = \exp\left[13,5921 - \frac{5064,72}{T_a + 273,15}\right] \quad (2.19)$$

(si $T_a > 60^\circ\text{C}$)

- Densitat de l'aire humit (ρ_a)

$$\rho_a = \frac{p \cdot [1 + w_a]}{[T_a + 273,15] \cdot [0,00287 + 0,00461 \cdot w_a]} \quad (2.20)$$

- Entalpia de l'aire (i_a)

$$i_a = C_a \cdot T_a + w_a \cdot [L_a + C_v \cdot T_a] \quad (2.21)$$

- Calor latent de vaporització de l'aigua (L_a)

$$L_a = 2500,6 - 2,3643956 \cdot T_a \quad (2.22)$$

2.5.3. Propietats físiques de l'avellana

Les equacions i dades emprades en la determinació de les propietats físiques de l'avellana, excepte les isoterms de desorció, s'han obtingut de la bibliografia existent:

- *Calor específica de l'avellana*

La calor específica, o energia necessària per unitat de massa per a incrementar la del producte en una unitat, pot variar segons la pressió i la temperatura, però per a pressions no molt altes i dins de l'interval de temperatures d'assecat de l'avellana, la calor específica pot considerar-se com una propietat física constant. Per a l'avellana, la calor específica a pressió constant és (Puiggali *et al.*, 1987):

$$C_p = 1,65 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

- *Calor latent de vaporització de l'aigua a l'avellana*

La calor latent de vaporització és l'energia necessària per a vaporitzar l'aigua de l'interior del producte. Aquesta energia és major que la de l'aigua lliure, sobretot si el producte té un baix contingut en humitat, com és el cas de l'avellana; prendre com a calor latent de vaporització de l'avellana el valor de l'aigua líquida pot induir a errors considerables. Arthur i Rumsey (1991) van proposar per al càlcul de la calor latent de vaporització, l'expressió següent:

$$L_p = L_a \cdot [1 + 0,5904 \cdot \exp[-13,67 \cdot X]] \quad , \text{ en kJ/kg} \quad (2.23)$$

- *Coefficient de transferència de calor per convecció*

La velocitat de transferència de calor per convecció entre la superfície de l'avellana i l'aire no depèn de les condicions existents a l'interior del sòlid sinó de la velocitat i direcció del flux d'aire. Aquest coeficient es pot calcular amb l'equació (Geankopolis, 1983):

$$h_c = 0,204 \cdot G_a^{0,8} \quad , \text{ en } \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.24)$$

on G_a és el cabal màssic de l'aire, en kg/h m^2 .

Considerant l'avellana com una esfera, el coeficient volumètric vindrà donat per:

$$h_{cv} = \frac{6}{d} \cdot h_c \quad , \text{ en } \text{W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.25)$$

on d és el diàmetre de l'esfera, en m.

• *Coeficient de contracció del llit d'avellana*

La disminució del volum del llit d'avellana influeix en la cinètica d'assecat, ja que és dona un augment de la densitat d'avellana i una reducció de l'altura del llit d'assecat. El coeficient de contracció de l'avellana és considera constant (Puiggali *et al.*, 1987):

$$s = 0,10$$

• *Humitat d'equilibri de l'avellana*

Per al càlcul de la humitat d'equilibri de l'avellana, s'ha utilitzat l'equació de G.A.B. amb els coeficients corresponents a l'ajust de les isoterms de desorció, segons l'apartat 3.1.2.2.5:

$$X_e = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot a_w}{[1 - c \cdot a_w] \cdot [1 + [b - 1]] \cdot c \cdot a_w} \quad (2.26)$$

Per a les temperatures de l'aire intermitges es realitza una interpolació entre els valors de les isoterms més properes.

2.5.4. Mètode de resolució de l'algoritme de simulació

L'algoritme de simulació que s'ha plantejat per al procés d'assecat de l'avellana en llit profund apareix en la figura 2.7.

Per a la resolució de l'algoritme de simulació, el llit d'assecat es divideix en un nombre de capes elevat, per a poder considerar així que les propietats de l'avellana són constants dins de cadascuna de les capes. L'interval de temps ha de ser suficientment petit per a poder també considerar constants les condicions de l'aire a l'entrada i a la sortida del llit. L'elecció dels intervals de temps i altura de la capa elemental d'assecat es fa de manera que permetin obtenir bons resultats i una adequada economia del temps de càlcul i simulació en ordinador (Bala, 1983).

Una vegada determinats els valors de Δt i Δz -fixats en 1 min i 1 cm respectivament-, amb les condicions d'entrada de l'aire es determinen les constants d'assecat k i u de l'equació de Page, segons l'apartat 1.4.2.2, i el valor de la humitat d'equilibri X_e . Amb l'equació 2.16, de l'apartat 2.5.1, s'obté la variació d'humitat del producte per a la primera capa, durant l'interval de temps Δt . El canvi en el contingut d'aigua de l'aire en creuar la capa es calcula amb l'equació 2.5. Després, es determinen les variacions de temperatura de l'aire i del producte, amb les equacions 2.8 i 2.12. El càlcul de les propietats físiques i termodinàmiques dependents de la humitat de l'avellana es realitza per a cada capa elemental. Aquest procés es repeteix capa per capa, des de la primera capa del llit fins que s'arriba a la darrera capa, en què l'aire surt del llit d'assecat.

Quan la humitat relativa de l'aire supera el 98%, s'entra en el procés de rehumectació: l'excés d'humitat es condensa i aquesta aigua procedent de l'aire sobresaturat es retorna a l'avellana -disminueix la humitat absoluta de l'aire i augmenta la humitat de l'avellana-, evitant així condicions impossibles de l'aire. El sistema d'equacions es recalcula, obtenint una nova humitat absoluta de l'aire. Aquest procés es repeteix per aproximacions successives, fins a obtenir un valor per sota de la humitat absoluta màxima.

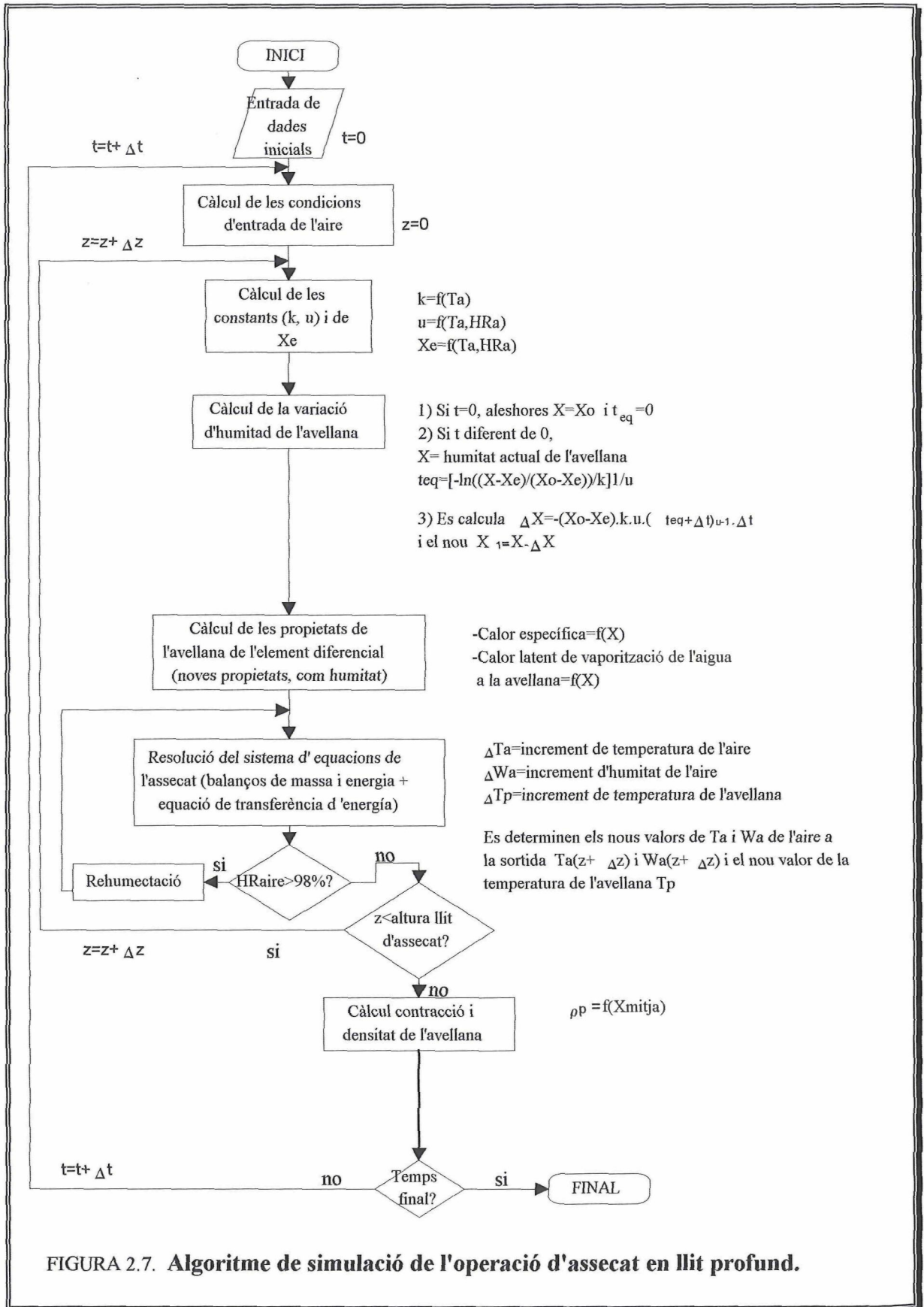


FIGURA 2.7. Algorisme de simulació de l'operació d'assecat en llit profund.

Al final de cada interval de temps, la densitat de matèria seca es recalcula tenint en compte el coeficient de contracció i considerant el volum ocupat per la matèria seca estimada inicialment; també es recalcula el valor de l'espessor de l'element finit, Δz , per al següent interval de temps. L'algoritme de simulació contempla la possibilitat de recirculació de l'aire d'assecat però, per a la simulació de l'assecat d'avellana a nivell industrial, no s'ha considerat ja que les experiències d'assecat s'han fet sense recirculació de l'aire. El procés es repeteix per a cada interval de temps fins a assolir el temps prefixat o la humitat final desitjada del llit d'avellana.

El programa informàtic, realitzat en TurboBasic (veure Anex), simula l'evolució de les condicions de l'avellana i de l'aire durant l'assecat en llit profund:

- . Temperatura i humitat de l'avellana.
- . Temperatura i humitat relativa de l'aire.

Les dades inicials que cal introduir al programa per a realitzar la simulació de l'assecat en llit profund són:

- . Temperatura i humitat inicial de l'avellana.
- . Temperatura i humitat relativa de l'aire exterior.
- . Temperatura de l'aire d'assecat.
- . Cabal màssic de l'aire durant l'assecat.
- . Duració total de l'assecat o humitat de l'avellana a assolir al final de l'assecat.

Per avaluar la validesa del programa de simulació s'han realitzat experiències d'assecat en llit profund a nivell industrial -apartat 2.5.5-, controlant les següents variables:

- . Variació del contingut mig d'humitat de l'avellana.
- . Variació de la temperatura i humitat relativa de l'aire de sortida.

2.5.5. Experiències d'assecat d'avellana a nivell industrial

Per a validar els resultats obtinguts amb el programa de simulació, s'han realitzat dos assecats d'avellana en closca a nivell industrial a la Cooperativa La Selva, de La Selva del Camp (comarca del Baix Camp, província de Tarragona).

Aquests assecats s'han realitzat en assecador discontinu, amb les següents característiques:

- Dimensions de la sitja: 4 m d'altura i 2,3 m de diàmetre.
- Capacitat: 8 t d'avellana.
- Altura del llit d'assecatge: 3,75 m.
- Velocitat de l'aire d'assecatge: 0,6 m/s.
- Temperatura de l'aire d'assecatge: $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Remogut mitjançant la recirculació de l'avellana.
- Sense recirculació de l'aire.
- Temps d'assecat: 12 h.

En aquestes experiències s'ha emprat avellana de la varietat *Negret* i avellana Corrent, amb una humitat inicial (b.s.) del 20% i 17% respectivament.

Durant l'assecat s'han controlat la temperatura i humitat relativa de l'aire ambient i de l'aire de sortida, i s'han agafat mostres d'avellana cada dues hores per a determinar la humitat.

2.6. MÈTODES ANALÍTICS

2.6.1. Determinació del contingut en humitat

La humitat de l'avellana es determina pel mètode indirecte utilitzant la tècnica de calor i pressió reduïda (Ayres, 1981; Carbonell *et al.*, 1984).

La mostra d'avellana, d'uns 15 grams, s'esmicola i es col·loca dins d'un recipient de tara coneguda. El recipient amb la mostra es pesa en una balança analítica amb precisió d'una mil·lèssima de gram i s'introdueix en una estufa de buit (menys de 100 mm c.d.Hg) a 70°C, fins a pes constant; aleshores es treu de l'estufa i es torna a pesar. La humitat en base seca s'obté mitjançant l'expressió:

$$X = \frac{W_o - W_f}{W_f - W_t} \quad (2.27)$$

- on X = humitat de l'avellana, en kg aigua/kg matèria seca
 W_o = pes inicial del recipient amb la mostra, en kg
 W_f = pes final del recipient amb la mostra, en kg.
 W_t = tara del recipient, en kg

2.6.2. Determinació de l'índex d'acidesa

L'índex d'acidesa expressa el pes, en milígrams, d'hidròxid potàssic necessari per a neutralitzar els àcids grassos lliures que hi ha en un gram de greix.

S'ha determinat l'índex d'acidesa de l'oli de l'avellana, extret per pressió amb premsa hidràulica -300 kg/m²-, seguint el Mètode Oficial d'Anàlisi (AOAC, 1984).

2.6.3. Determinació de l'índex de peròxids

L'índex de peròxids fa referència als miliequivalents d'oxigen actiu que conté un quilogram de greix, calculats a partir de l'iodo alliberat de l'iodur potàssic.

S'ha determinat l'índex de peròxids de l'oli d'avellana, extret per pressió amb premsa hidràulica -300 kg/m²-, seguint el Mètode Oficial d'Anàlisi (AOAC, 1984). Les substàncies que oxiden l'iodur potàssic seguint les condicions d'aquest mètode, es considera que són peròxids o altres productes similars d'oxidació del greix, per la qual cosa l'índex obtingut pot prendre's, en una primera aproximació, com una expressió quantitativa dels peròxids del greix.

2.6.4. Determinació dels coeficients d'extinció (K_{232} i K_{270})

Els índexs d'oxidació primària (K_{232}) i d'oxidació secundària (K_{270}) s'han determinat en l'oli de l'avellana, extret per pressió una premsa hidràulica -300 kg/m²-, seguint el Mètode Oficial d'Anàlisi (AOAC, 1984), que es fonamenta en la mesura espectrofotomètrica ultraviolada del coeficient d'extinció a les longituds d'ona 232 i 270 nm representats per K_{232} i K_{270} , respectivament. Ambdós índexs s'empren com a criteri de qualitat dels olis.

2.6.5. Determinació del període d'inducció

El període d'inducció s'ha determinat en l'oli de l'avellana, extret per pressió amb premsa hidràulica -300 kg/m²-, utilitzant el mètode Rancimat[®] (Frank *et al.*, 1982).

Aquest mètode consisteix en fer passar una corrent d'aire calent (120°C i flux de 20 l/h), primer a través de la mostra d'oli -5 ml aproximadament-, de manera que en oxidar-se els àcids grassos amb dobles enllaços formen hidroperòxids que es descomposen en compostos de menor pes molecular com cetones i aldehyds els quals són arrastrats per la corrent d'aire, i després, fer passar la corrent d'aire a través d'aigua destil·lada on aquests compostos en dissoldre's fan que augmenti la conductivitat de l'aigua. El període d'inducció és el temps transcorregut des de que es comença a fer passar la corrent d'aire a través de la mostra fins que es produeix el canvi brusca en la conductivitat de l'aigua. El període d'inducció depen de l'estat d'oxidació en que es trobi la mostra, com més oxidada menor serà el període d'inducció.

2.6.6. Determinació de l'activitat de l'enzim lipasa

L'activitat de l'enzim lipasa s'ha determinat pel mètode espectrofotomètric, segons modificació del mètode de Katzi i Cahill (1971):

Es pesen uns 12 g de pasta d'avellana en un vas de precipitats de 50 ml. S'introdueix 1,5 g de polivinilpirrolidona, de pes molecular 40.000 (PVP), i 40 ml d'aigua destil·lada. S'agita durant 1 h, mantenit-ho fred amb gel. Es filtra sota buit amb paper Whatman n° 541. L'extracte es centrifuga a 15.000 rpm durant 20 min., mantenint la temperatura a uns 5°C. Es decanta el sobrenedant i s'incorporen de 4 a 5 gotes -amb pipeta Pasteur- de solucions Carrez I i Carrez II. S'agita suaument i es torna a filtrar amb paper Whatman n° 541, rebutjant els primers ml del filtrat. S'introdueix en un vas de precipitats de 25 ml, 3 ml de l'extracte enzimàtic, 0,2 ml de solució Cl_2Ca 5% i 0,6% de solució aquosa de blau de bromotimol 0,5%. Es barreja el conjunt i es fa virar a blau amb la solució de NaOH 0,05N (de 0,4 a 0,6 ml), pH 7,5 a 8. S'agita la solució durant 30 min., dins d'un bany termostatat a 44,2°C. Es llegeix l'absorbància a 620 nm respecte a una mostra d'aigua destil·lada. S'anoten els valors inicials, al minut i als 30 minuts. Es determina el contingut de microproteïna, i es calcula l'increment d'absorbància per minut i per milígram de proteïna.

2.6.7. Determinació de l'activitat de l'enzim peroxidasa

L'activitat de l'enzim peroxidasa s'ha determinat pel mètode espectrofotomètric, segons modificació del mètode de Ridge i Osborne (1970):

Es pesen uns 12 g de pasta d'avellana en un vas de precipitats de 50 ml. S'introdueix 1,5 g de polivinilpirrolidona, de pes molecular 40.000 (PVP), i 40 ml de solució buffer de fosfat 0,1 M (pH=5,8). S'agita durant 1 h, mantenint-ho fred amb gel. Es filtra sota buit amb paper Whatman nº 541. L'extracte es centrifuga a 15.000 rpm durant 20 min., mantenint la temperatura a uns 5°C. Es decanta el sobrenedant i s'incorporen de 4 a 5 gotes -amb pipeta Pasteur- de solucions Carrez I i Carrez II. S'agita suaument i es torna a filtrar amb paper Whatman nº 541, rebutjant els primers ml del filtrat. S'introdueixen en un tub de vidre: 1 ml de l'extracte enzimàtic purificat, 1 ml de peròxid d'hidrogen 1%, 1 ml de solució formaldehid 35% i 1 ml d'o-dianisidina 0,05%. Es barreja el conjunt i s'introdueix una part del mateix dins d'una cubeta de 1 cm, de l'espectrofotòmetre a 430 nm. Es programa i es segueix gràficament la cinètica de la reacció durant uns 10 minuts enfront d'un blanc d'aigua destil.lada. Es prenen valors d'absorbància per minut. Quan s'arriba a una diferència menor de 1 entre dues anotacions successives, es determina Abs/min. Seguidament, es valora el contingut de microproteïna de l'extracte enzimàtic, i es calcula l'increment d'absorbància per minut i per milígram de proteïna.

2.6.8. Determinació de l'activitat de l'enzim polifenoloxidasas

L'activitat de l'enzim polifenoloxidasas s'ha determinat pel mètode espectrofotomètric, segons modificació del mètode de Mayer i Harel (1979):

Es pesen uns 12 g de pasta d'avellana en un vas de precipitats de 50 ml. S'introdueix 1,5 g de polivinilpirrolidona, de pes molecular 40.000 (PVP), i 40 ml de solució buffer de fosfat 0,1 M (pH=5,8). S'agita durant 1 hora, mantenint-ho fred amb gel. Es filtra sota buit amb paper Whatman nº 541. L'extracte es centrifuga a 15.000 rpm durant 20 min., mantenint la temperatura a uns 5°C. Es decanta el sobrenedant i s'incorporen de 4 a 5 gotes -amb pipeta

Pasteur- de solucions Carrez I i Carrez II. S'agita suaument i es torna a filtrar amb un paper Whatman n° 541, rebutjant els primers ml del filtrat. S'introdueixen en un tub de vidre: 1 ml de l'extracte enzimàtic purificat, 1 ml de solució fenilendiamina 0,01% en àcid oxàlic 0,005 N i 1 ml de solució de pirocatequina 1% en àcid oxàlic 0,005 N. Es barreja el conjunt i s'introdueix una part del mateix dins d'una cubeta de 1 cm, de l'espectrofotòmetre a 540 nm. Es programa i es segueix gràficament la cinètica de la reacció durant 10 min., enfront un blanc d'aigua destil·lada. Es prenen valors de l'absorbància per minut. Quan s'arriba a una diferència menor de 1 entre dues anotacions successives, es determina Abs/min. Seguidament, es valora el contingut de microproteïna de l'extracte enzimàtic, i es calcula l'increment d'absorbància per minut i per milígram de proteïna.

2.6.9. Determinació del color

La determinació del color de l'avellana s'ha fet per reflectància. La mostra d'avellana en gra, a la que se li treu la cutícula amb un ganivet, es tritura amb una multiplicadora Moulinex® durant 10 s. L'avellana triturada es col·loca en una cubeta d'un centímetre de pas i es mesura la reflectància en un espectrofotòmetre Macbeth Color-Eye 3000, utilitzant la font il·luminant D₇₅ i l'observador 10°, i obtenint espectres en un rang de longitud d'ona que va de 360 a 740 nm amb un interval de 20 nm.

Amb el software Macbeth OPTIVIEW s'han obtingut els valors de les coordenades de color en el sistema CIELab (L*, a*, b*), que és un dels sistemes que ofereix una millor correlació entre l'avaluació sensorial i l'objectiva del color (Ferreira *et al.*, 1994). La sensació de color és tridimensional; l'ull humà aprecia tres atributs ben diferenciats: el *tó* (h), el *croma* o *saturació* (C) i la *claredat* o *lluminositat* (L) (Little, 1976). A partir de les coordenades del sistema CIELab s'obtenen les coordenades h*, C* i L*, també anomenades coordenades psicomètriques del color, mitjançant les expressions (Artigas *et al.*, 1985):

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (2.28)$$

$$C^* = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (2.29)$$

L* es correspon amb el valor obtingut pel sistema CIELab

D'altra banda, la diferència de color entre dos colors, dins de l'espai CIELab, s'obté amb l'expressió (Artigas *et al.*, 1985):

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.30)$$

2.6.10. Anàlisi organolèptica

L'anàlisi organolèptica s'ha realitzat en les mostres d'avellana en gra emmagatzemades en cambra frigorífica.

Mensualment s'ha avaluat el gust i l'aspecte interior de l'avellana emmagatzamada. Aquesta anàlisi organolèptica s'ha realitzat per a cada experiència sobre una petita mostra d'avellanes i l'avaluació ha estat feta per dos tastadors seguint la següent escala hedònica:

ACCEPTACIÓ:	1. Totalment rànica 2. Bastant rànica 3. Poc rànica 4. Bona 5. Excel·lent
ASPECTE INTERIOR:	1. Blanc 2. Poc ennegrida, amb punts (oxidat) 3. Ennegrida (molt oxidat)

En finalitzar el programa experimental s'ha realitzat un tast de les avellanes frigoconservades a 0°C i 7°C, seguint el disseny de blocs incomplets de Cochran i Cox (1971):

- Per a cada temperatura es tenen sis mostres i s'han escollit a l'atzar deu tastadors, cadascun dels quals ha tastat tres de les mostres segons un ordre preestablert.

Les mostres són:

- MOSTRA 1 - varietat *Negret*, 40% HR.
- MOSTRA 2 - varietat *Negret*, 60% HR.
- MOSTRA 3 - varietat *Pauletet*, 40% HR.
- MOSTRA 4 - varietat *Pauletet*, 60% HR.
- MOSTRA 5 - varietat *Tonda Romana*, 40% HR.
- MOSTRA 6 - varietat *Tonda Romana*, 60% HR.

La distribució de les mostres per a cada tastador ha estat:

TASTADOR	MOSTRES	TASTADOR	MOSTRES
1	1, 2, 5	6	2, 3, 4
2	1, 2, 6	7	2, 3, 5
3	1, 3, 4	8	2, 4, 6
4	1, 3, 6	9	3, 5, 6
5	1, 4, 5	10	4, 5, 6

Les mostres han consttat de 10 avellanes, i cada tastador ha avaluat l'acceptació i el nombre de defectuosos de cada mostra. L'avaluació del nombre de defectuosos s'ha fet bàsicament observant l'aspecte interior i exterior de l'avellana. El model de formulari omplert per cada tastador, ha estat el següent:

Nom tastador:	Nº tastador:																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">MOSTRA</th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Totalment rànica</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Batant rànica</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Poc rànica</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Bona</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Excel·lent</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		MOSTRA				1. Totalment rànica				2. Batant rànica				3. Poc rànica				4. Bona				5. Excel·lent			
MOSTRA																									
1. Totalment rànica																									
2. Batant rànica																									
3. Poc rànica																									
4. Bona																									
5. Excel·lent																									

2.7. TRACTAMENT ESTADÍSTIC DELS RESULTATS

El tractament estadístic dels resultats: anàlisi de la variància, test de comparació de mitges, anàlisi de regressió per mínims quadrats..etc, s'ha realitzat amb el paquet estadístic STATGRAPHICS v. 7.0 en un ordinador PC compatible.

- En l'estudi del *comportament higroscòpic de l'avellana*:

Les corbes de rehidratació s'han ajustat al model de Peleg mitjançant regressió no lineal, analitzant la influència de la temperatura sobre els paràmetres K_1 i K_2 d'aquest model. Les isoterms d'humitat d'equilibri s'han ajustat a diferents models (B.E.T., Caurie, Chung-Pfost, G.A.B., Halsey, Henderson, Oswin i Smith), determinant-se els paràmetres de les equacions mitjançant regressió lineal i regressió no lineal.

- En l'estudi de la *influència de les condicions de frigoconservació i assecatge sobre la qualitat de l'avellana*:

Els resultats de les determinacions analítiques s'han tractat amb l'anàlisi de la variància (ANOVA) i s'ha realitzat la separació de mitges (LSD -Least Significance Difference-) amb un nivell de confiança del 95%. La determinació de l'acceptació mitja ponderada s'ha realitzat, a partir dels resultats del tast, mitjançant regressió lineal (López, 1986); la variable dependent ha estat l'acceptació o el nombre de defectuosos, essent les variables independents:

TASTADOR=1 & TASTADOR=2 & TASTADOR=3 & TASTADOR=4

TASTADOR=5 & TASTADOR=6 & TASTADOR=7 & TASTADOR=8

TASTADOR=9

MOSTRA=1 & MOSTRA=2 & MOSTRA=3 & MOSTRA=4 & MOSTRA=5

A partir dels resultats de la regressió, s'ha determinat si hi ha diferències significatives entre les mostres i s'ha calculat el valor mig ponderat de l'acceptació i del nombre de defectuosos de cada mostra, de la següent forma (B.M.A.P., 1981):

1º) Amb els coeficients de les mostres, b_i , s'han calculat les diferències A_i , B_i , C_i i D_i .

$b_1 =$ coeficient MOSTRA 1

$b_2 =$ coeficient MOSTRA 2

.

.

$b_{N-1} =$ coeficient MOSTRA N-1

$b_1 - b_2$

$b_1 - b_3$ $b_2 - b_3$

..... $b_{N-3} - b_{N-2}$

$b_1 - b_{N-1}$ $b_2 - b_{N-1}$ $b_{N-3} - b_{N-1}$ $b_{N-2} - b_{N-1}$

↑

↑

↑

↑

A_i

B_i

C_i

D_i

2º) Per a que hi hagi diferències significatives al 95%, el valor absolut de cada diferència ha de ser:

$$|A_i| \geq Z_{95\%} = 1,65 * (\text{STD. ERROR})$$

i per al 99%:

$$|A_i| \geq Z_{99\%} = 2,33 * (\text{STD. ERROR})$$

3º) El valor mig ponderat per a l'acceptació o per al nombre de defectuosos, s'ha calculat amb l'expressió:

$$\bar{x}_i = \text{coef}_{\text{INTERCEPT}} + \frac{1}{N} * (\text{coef}_{\text{TASTADOR 1}} + \text{coef}_{\text{TASTADOR 2}} + \dots + \dots + \text{coef}_{\text{TASTADOR N-1}}) + 1 * \text{coef}_{\text{MOSTRA i}}$$

- En l'estudi de la *modelització i simulació de l'assecat d'avellana en llit profund*:

Les corbes d'assecat en capa prima s'han ajustat a l'equació de difusió mitjançant regressió lineal, i s'ha estudiat la dependència de D_{ef} respecte de la temperatura. Les corbes d'assecat en capa prima també s'han ajustat a l'equació de Puiggali i a l'equació de Page, mitjançant regressió no lineal.

El programa de simulació de l'assecat de l'avellana en llit profund s'ha realitzat amb el llenguatge de programació TurboBasic, en un ordinador amb procesador Intel 486, amb un temps de computació en cada simulació de l'ordre de 10 minuts per a assecats industrials de 12 hores.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ