

ESTUDI D'UNA TÈCNICA ANALÍTICA PER AL CONTROL DE L'ESTAT DE CONSERVACIÓ DE L'AVELLANA

Romero, A.J. ⁽¹⁾

García, M.D. ⁽²⁾

(1) Escola d'Agricultura de Lleida, col·laborador del C.A.M.B.

(2) Centre Agropecuari «Mas Bové» (C.A.M.B.)

Aquest article és un extracte del treball de fi de carrera d'A.J. Romero, elaborat al Centre Agropecuari «Mas Bové» i tutorat i co-dirigit pels professors M. Soliva i X. Ferran, de les Escoles Universitàries d'Agricultura de Barcelona i Lleida, respectivament.

RESUM

Es pretén la selecció d'un procediment analític que sigui adequat per detectar l'estat de conservació de l'avellana, el qual el relacionem amb els processos de degradació de la fracció grassa del fruit, responsables de l'enranciment. Diverses metodologies són assajades i es discuteix l'interès i eficàcia relativa d'aquestes per assenyalar l'evolució del fruit sotmès a diferents condicions

ambientals. El mètode seleccionat consisteix en l'extracció de l'oli de l'avellana molturada pel sistema Soxhlet utilitzant éter de petroli (40-60 °C.) i ulterior determinació de l'índex d'acidesa (mg de KOH consumits per neutralitzar 1 g. d'oli). El procediment presenta una bona sensibilitat als canvis per envelliment del fruit i els seus resultats es correlacionen bé amb aquest.

RESUMEN

Se pretende la selección de un procedimiento analítico que sea adecuado para detectar el estado de conservación de la avellana, el cual relacionamos con los procesos de degradación de la fracción grasa del fruto, responsables del enranciamiento. Varias metodologías son ensayadas y se discute el interés y eficacia relativa de las mismas para señalar la evolución del fruto sometido a diferentes condiciones ambientales. El mé-

todo seleccionado consiste en la extracción del aceite de la avellana molturada por el sistema Soxhlet usando éter de petróleo (40-60 °C.) y ulterior determinación del índice de acidez (mg. de KOH consumidos para neutralizar 1 g. de aceite). El procedimiento presenta buena sensibilidad a los cambios por envejecimiento del fruto y sus resultados se correlacionan bien con el mismo.

SUMMARY

It's sought a suitable analytical method to evaluate the quality of stored hazelnuts, which is related with fatty fraction deterioration process developing rancid and musty taste. Several methods are tried and their efficiency for our purpose is discussed. The selected method makes oil extraction of some

grinded nut kernel by Soxhlet system employing petroleum ether (40-60 °C.) and acidity value is determined in the oil (mg. KOH to neutralize 1g. of oil). The method is quite sensible to age deterioration of hazelnut and shows good correlation with this process.

1. INTRODUCCIÓ

L'avellana és un fruit sec de pericarpi llienyós i de llavor oliosa recoberta per una pel·lícula fina. En els darrers anys la producció mundial ha augmentat i avui es pot xifrar en uns quatre-cents milers de tones d'avellana-closca (GIL AND DUFFUS, Ltd.; 1981).

Tradicionalment, l'avellana es desa en magatzem mentre s'espera la seva comercialització. Cal tenir en compte, però, que si el temps d'emmagatzematge s'allarga es produeix l'enranciament del fruit. La fracció oliosa del gra d'avellana, que constitueix entre el 50 i el 70% del seu pes és afectada per un procés de degradació hidrolítica i oxidativa, el qual és afavorit per diversos factors

entre els quals destaquen l'elevat contingut d'àcids grassos insaturats que conté l'oli d'avellana. El final d'aquests processos dona productes volàtils que són els responsables del gust i aroma rancis.

El que s'acaba d'exposar planteja la conveniència de millorar els sistemes de conservació de l'avellana i, també, la necessitat de tenir a l'abast tècniques analítiques adequades que permetin el control de la conservació del fruit.

El present treball s'ocupa de la segona qüestió i pretén de seleccionar o d'establir un mètode analític, senzill i fiable, que serveixi per a detectar l'evolució de l'envelliment de l'avellana i el seu estat de conservació, el

qual sempre està relacionat amb els proble-

mes d'enraciament que abans hem assenyalat.

2. MATERIAL I MÈTODES

Material vegetal

El material emprat prové de la col·lecció varietal del «Centre Agropecuari Mas Bové» i pertany a la collita de la campanya 1982-83.

S'ha escollit la varietat Negret per ser la base de la producció del Camp de Tarragona.

Les característiques d'aquesta varietat són les següents (SOLIVA et al., 1983):

—Contingut d'oli (%)

s.m.t.	60
s.m.s.	63

—Composició d'àcids grassos (%)

àcid làuric	C _{12:0} ...	traces (tr)
àcid mirístic	C _{14:0} ...	tr
àcid palmític	C _{16:0} ...	5,70
àcid palmítoleic	C _{16:1} ...	0,30
àcid margàric	C _{17:0} ...	tr
àcid heptadecanoic	C _{17:1} ...	tr
àcid esteàric	C _{18:0} ...	1,60
àcid oleic	C _{18:1} ...	71,80
àcid linoleic	C _{18:2} ...	19,80
àcid linolènic	C _{18:3} ...	tr
àcid aràquic	C _{20:0} ...	0,30

Mètodes analítics

—*Contingut d'aigua.*— Es determina el tant per cent d'aigua que conté el gra d'avellana utilitzant un hidrossitòmetre; es parteix de 5 g. de gra d'avellana mòlt, pesats amb la precisió de 0,02 g.

—*Extracció de l'oli.*— La mostra d'avellana es moltura i després es fa l'extracció de l'oli seguint el mètode Soxhlet. Cada extracció es fa a partir de 10-15 g. d'avellana

molta, utilitzant éter de petroli (40-60 °C.); es procura que l'éter sifoni cada 15-20 minuts essent la durada de l'extracció de 5 hores. En el cas del nostre experiment, l'extracció té per objecte l'obtenció d'una quantitat suficient d'oli, el qual és utilitzat en les determinacions analítiques posteriors. Per poder fer-les totes, de cada mostra d'avellana s'han fet dues extraccions i s'ha barrejat l'oli obtingut.

—*Índex d'acidesa.*— Considerem com a tal els mg. de KOH necessaris per a neutralitzar 1 g. d'oli. Aquest índex és una mesura dels àcids grassos lliures, tant si són naturals com derivats del procés d'oxidació.

Se segueix la norma U.N.E. 55.012

—*Índex de saponificació.*— Es defineix com el nombre de mg. de KOH necessaris per a saponificar completament 1 g. d'oli.

S'utilitza la norma U.N.E. 55.012

—*Índex d'ester.*— L'obtenim per diferència entre l'índex de saponificació i el d'acidesa.

—*Índex de iode.*— És la quantitat de iode, expressada en cg., que reacciona amb 1 g. d'oli. És una mesura del grau d'insaturació de l'oli.

Se segueix la norma U.N.E. 55.013

Plantejament de l'assaig

Es programa la conservació de diferents lots d'avellana amb closca en les següents condicions o tractaments ambientals:

a) *Ambient magatzem.*— Les avellanes es desen en les condicions normals de magatzem. La humitat relativa i temperatura mitjanes durant el temps de l'experiència han estat 60% i 10 °C., respectivament.

b) *Tractaments ambientals forçats.*— S'han escollit per accelerar els processos d'envelliment de l'avellana i poder fer aquest estudi en un període de set setmanes. Aquests tractaments ambientals es defineixen per la humitat relativa i la temperatura i, de forma abreujada, per dos números separats per una barra que representen aquests dos paràmetres. S'han preparat 6 tractaments ambientals:

Tractament 60/40 Tractament 92/40

Tractament 60/50 Tractament 92/50

Tractament 60/60 Tractament 92/60

Els tractaments ambientals descrits conjuguen dos nivells d'humitat relativa, 60 i 92%, amb tres nivells de temperatura: 40, 50 i 60 °C.

Les humitatats relatives ambientals s'obtenen mitjançant l'ús de solucions salines. Així, la humitat relativa del 60% és la que presenta una atmosfera tancada quan resta en equilibri amb una solució salina que conté 190 g. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ per 100 ml.; de forma anàloga, l'atmosfera del 92% d'humitat s'obté quan l'equilibri s'estableix amb una solució salina que conté 55 g. de $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ per 100 ml. L'activitat

d'aigua d'aquestes solucions salines és de 0,60 i 0,92 respectivament, i en teoria és independent de la temperatura. Cal dir, però, que a temperatures elevades pot haver-hi petites desviacions respecte d'aquest comportament ideal.

Les temperatures que hem previst s'obtenen amb 3 estufes de laboratori regulades adequadament.

A l'inici de l'experiment es preparen 36 pots, de tanca hermètica; en 18 d'ells es posen 125 ml. de la solució salina reguladora de la humitat al 60%, i als altres 18 pots es posen 125 ml. de la solució salina que regula la humitat al 92%. Dins de cada pot, a la part de dalt i evitant el contacte amb la solució salina, es posen 50 g. d'avellanaclosca i, finalment, es tanquen tots els pots. Agrupem els pots de tal manera que cada 6 pots formen un lot i tenim en total 6 lots de pots. Cada lot és sotmès a un dels 6 tractaments ambientals abans descrits. El dia de començament de l'experiència s'omplen tots els pots amb avellana que procedeix del magatzem i s'analitza aquesta mateixa avellana per cadascuna de les metodologies indicades al sub-apartat dels mètodes d'anàlisi. Les determinacions analítiques programades es repeteixen cada setmana i durant un període de set setmanes; a l'hora de fer les anàlisis, s'obre un pot de cadascun dels tractaments ambientals. També s'analitza cada setmana l'avellana desada al magatzem.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Per a facilitar la discussió dels resultats, comencem per fer, de forma concisa, una exposició de les vies i mecanismes de degradació de l'oli que condueixen a l'aparició del gust i aroma ranci:

a) *Lipolisi.*— Per l'acció d'enzims, la temperatura i l'aigua, la qual pot contenir alguns ions afavoridors del procés, els enllaços ester de la grassa poden trencar-se per un mecanisme hidrolític amb l'apa-

rició d'àcids grassos lliures. Quan aquests àcids lliures són de cadena curta, entre C_4 i C_{12} , s'aprecia l'olor a ranci.

b) *Autoxidació*. — El procés d'oxidació, en el qual participa l'oxigen de l'aire, consta de tres grups de reaccions: 1.) reaccions d'iniciació que donen lloc a la formació de radicals lliures a partir dels àcids grassos insaturats o bé d'hidroperòxids provinents del segon grup de reaccions; 2.) reaccions de propagació en les quals participen l'oxigen i els radicals amb àtoms de carboni insaturats que donen com a productes de reacció hidroperòxids, els quals quan s'acumulen participen en reaccions diverses que poden donar novament altres radicals que realimenten el sistema reactiu; 3.) el tercer grup de reaccions, a partir dels peròxids o hidroperòxids forma productes finals més estables, entre els quals es troben aldehids, cetones i àcids grassos, tots ells de baix pes molecular, que són els responsables del característic olor a ranci.

Cal dir que tant la lipolisi com els tres grups de reaccions d'autoxidació poden realitzar-se simultàniament, excepció feta del moment inicial que necessita de la formació dels primers àcids grassos lliures i els primers radicals.

Passem ara a la discussió ordenada dels resultats que es troben recollits en diversos quadres. Al final fem un estudi comparatiu que permet definir l'eficàcia relativa dels mètodes analítics assajats devers els objectius que aquest treball es proposa.

Continguts d'aigua

Els resultats de la determinació del contingut d'aigua del gra de l'avellana, en funció del tractament ambiental que ha rebut

l'avellana-closca i del temps de la seva durada, es troben en el Quadre 1.

QUADRE 1

Pot observar-se que el contingut d'aigua és bastant estable quan l'avellana amb closca s'ha conservat en el magatzem o bé en els recipients on la humitat relativa és del 60%.

En considerar l'evolució del contingut d'aigua del gra en el cas dels tractaments ambientals 92/40, 92/50 i 92/60 hom pot apreciar la forma sigmoïdal de les corbes que la representen (Figura 1). Aquestes corbes planen entre els 14 i 21 dies i, finalment, aconseguen la cota màxima cap als 35 o 40 dies. Pensem que aquesta forma de les corbes s'ha de relacionar amb el fenomen d'histeresi que acompanya els processos d'adsorció d'aigua d'un aliment (CHEFTEL J.C. et CHEFTEL H.; 1976), però també pot ésser influenciada per l'acció protectora de la closca de l'avellana que, essent una membrana bastant impermeable, pot afectar el ritme d'hydratació del gra en alguna de les seves etapes. S'observa també que el contingut d'aigua final és més elevat quan la temperatura augmenta; això no succeiria si la solució salina reguladora de l'activitat d'aigua tingués un comportament ideal, però dóna el cas que, a temperatures elevades, es manifesta una petita desviació del comportament ideal teòric i, en trobar-nos en una zona d'activitat d'aigua superior al 0,9, una petita variació en l'activitat d'aigua tingués un comportament ideal, però dóna el cas que, a temperatures elevades, es manifesta una petita desviació del comportament ideal teòric i, en trobar-nos en una zona d'activitat d'aigua superior al 0,9, una petita variació en l'activitat d'aigua de la solució salina reguladora afecta enormement el contingut d'aigua de l'aliment, que en aquest cas és el gra d'avellana (FENNEMA, 1982).

Contingut d'aigua

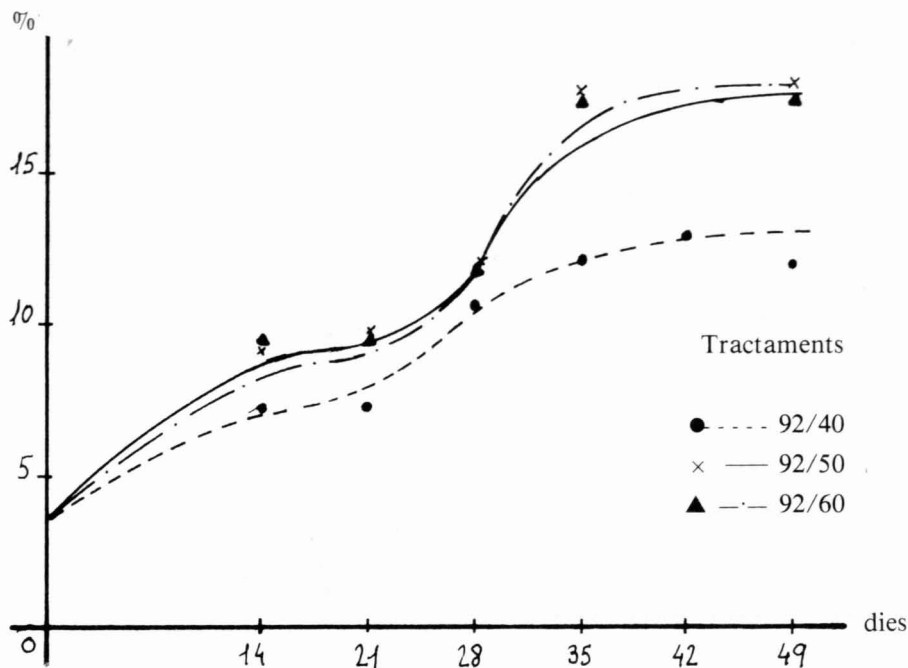


FIGURA 1. Evolució de les isoterms d'adsorció d'aigua

Per a fer una correcta anàlisi d'altres resultats que es discuteixen després, cal tenir present que els tractaments ambientals 92/50 i 92/60 indueixen en el gra d'avellana, per l'efecte explicat, un contingut d'aigua anòmalament elevat.

Índex d'acidesa

QUADRE 2

En considerar els resultats del Quadre 2, pot observar-se:

—A humitat relativa del 60% l'augment de la temperatura incideix augmentant progressivament el pendent de la recta de regressió que representa l'evolució de l'acidesa. Això vol dir que, en condicions d'humitat d'aquesta magnitud, la temperatura accelera la formació d'àcids grassos lliures. Dins de cada tractament ambiental, s'observa una evolució positiva d'aquest índex.

—A humitat relativa del 92% la influència de la temperatura no queda clara. El tractament ambiental 92/40 genera, durant el període estudiat, una evolució molt forta de l'acidesa, però els tractaments 92/50 i 92/60

manifesten una evolució més moderada. Pensem que és el contingut elevat d'aigua el que, en el cas dels dos últims tractaments, frena l'augment de l'acidesa. Quan el contingut d'aigua s'eleva fins el 17% es pot formar la capa monomolecular d'aigua i, a més, tenim un excedent que ocupa els espais capil·lars del gra d'avellana, la qual cosa produeix un efecte de dilució d'enzims i catalitzadors i també d'aïllament de l'aire que inhibeix parcialment alguns dels processos degradatius de l'oli. Esmentat això, cal adonar-se del fet que, a causa dels efectes derivats del diferent contingut d'aigua no té interès la comparació dels resultats dels tractaments ambientals 92/40, 92/50 i 92/60 entre si. Malgrat això, pot estudiar-se perfectament l'evolució de l'índex dins de cada tractament i s'observa també aquí, que l'evolució és positiva i ben correlacionada amb el procés d'envelliment.

Aquest índex és una mesura de la formació d'àcids lliures per qualsevol de les vies pròpies del procés d'enranciamment de l'oli. La repetibilitat de la determinació és excel·lent, segons mostra el Quadre 6.

Índex de saponificació

QUADRE 3

Aquest índex (Quadre 3) presenta valors elevats, entre 180 i 195. S'observa que la seva cota màxima no està gaire influïda per variacions ambientals de la temperatura o la humitat relativa. Això però, s'aprecia bé la seva evolució positiva durant els processos d'envelliment estudiats. D'altres paràmetres de qualitat i eficàcia són estudiats més endavant (Quadre 6).

L'índex augmenta per efecte del trencament oxidatiu de les cadenes carbonades insaturades, i és una bona mesura de l'evolució

del procés d'enranciamment dels mecanismes de lipòlisi i d'autoxidació.

Índex d'ester

Quan se substreu de l'índex de saponificació l'índex d'acidesa s'obté l'índex d'ester, la fiabilitat del qual depèn de la que acompanya les dues determinacions anteriors.

QUADRE 4

Els resultats del Quadre 4 posen de relleu que la seva evolució es manifesta en tots els processos d'envelliment de l'avellana que hem estudiat, sense que s'apreciïn diferències marcades entre els diferents tractaments ambientals. Al Quadre 6 es troben els resultats d'un estudi comparatiu amb d'altres mètodes. Aquest índex s'incrementa, també, pel trencament oxidatiu de les cadenes carbonades i per la formació d'àcids grassos de cadena curta, però no és afectat per l'extensió de la lipòlisi hidrolítica ja que hem fet la deducció de l'acidesa de l'oli. Podríem dir, doncs, que aquest índex avalua l'evolució específica de l'enranciamment per la via oxidativa.

Índex de iode

QUADRE 5

Segons els resultats obtinguts (Quadre 5), s'observa que l'índex tendeix a la disminució, però aquesta tendència és més acusada en el primer període de temps controlat que en l'etapa final i, per això, les rectes de regressió, que representen el conjunt de l'evolució, manifesten un coeficient de correlació relativament baix. Per aquesta raó i les

que presenta el Quadre 6, la determinació d'aquest índex no resol el problema plantejat.

Aquest índex analític és una mesura de la quantitat de dobles enllaços i disminueix quan aquests desapareixen, per trencament oxidatiu de les cadenes carbonades.

Estudi de paràmetres indicatius de la qualitat i l'eficàcia relativa dels mètodes assajats com a detectors del procés d'enranciment

S'ha considerat d'interès l'estudi de la productivitat dels resultats obtinguts en emprar les diferents metodologies. Així, en cada cas, s'ha repetit 10 vegades la determinació d'una mateixa mostra i, per càlcul estadístic, s'obté la desviació típica (S) associada a cadascuna de les metodologies, en les nostres pròpies condicions experimentals.

QUADRE 6

El Quadre 6 recull els valors de la desviació típica i , a més, els resultats d'un estudi fet per a quantificar i diferenciar l'efectivitat de les metodologies assajades com a eines de seguiment dels processos d'enranciment de l'avellana.

D'acord amb l'estadística, acceptem que la diferència mínima entre dos resultats analítics, perquè siguin significativament diferents amb una probabilitat del 99,7%, és de 3S. D'altra banda, entre les equacions de les rectes, que figuren en els Quadres 2 al 5, seleccionem les que corresponen al tractament

ambiental 60/50 perquè aquestes condicions ambientals provoquen l'envelliment del fruit sec a un ritme adequat al nostre propòsit. A partir d'aquestes premisses i de l'expressió del pendent de les rectes, que és $a = y/x$, podem calcular x quan $y = 3S$ i tenim $x = 3S/a$. Els valors x representen el mínim de dies que han de passar perquè el mètode assenyali una diferència de resultats significativa. L'eficàcia i utilitat relativa de les metodologies analítiques assajades és funció inversa dels «dies» que figuren a la columna de la dreta del Quadre 6 i, en conseqüència, el mètode més útil als nostres propòsits resulta ésser la determinació de l'acidesa de l'oli extret de l'avellana.

Interpretació de resultats

És una qüestió que resta encara per resoldre i que no s'ha inclòs com a objectiu del present treball; però, és evident que la fixació del nivell crític de l'índex d'acidesa, valor per damunt del qual s'aprecia la degradació de la qualitat organolèptica, s'ha de fer en un futur, per varietats, i amb l'ajut d'un grup de persones entrenades en la detecció organolèptica del gust i aroma rancis.

Malgrat tot, mentre s'esperen criteris d'interpretació més acurats, indicarem a títol orientatiu que quan l'índex es manté per sota de 0,5/0,6 l'avellana es troba en bon estat, però quan l'índex arriba a 0,9/1,0 cal considerar que el procés de degradació és manifest.

4. CONCLUSIONS

Entre les tècniques analítiques discutides, la més adequada per a fer el seguiment de l'estat de conservació de l'avellana emma-

gatzemada és la determinació de l'índex d'acidesa de l'oli, que prèviament s'extreu del gra d'avellana mitjançant el sistema

Soxhlet. Aquesta determinació, que recomanem realitzar periòdicament, presenta una alta sensibilitat als canvis que es produeixen en l'avellana per efecte de la lipòlisi hidrolítica i del procés d'autoxidació dels àcids grassos. Els resultats obtinguts presenten un bon coeficient de correlació respecte del temps d'envelliment de l'avellana en les condicions ambientals assajades. Resultats preliminars de tast realitzats paral·lelament a les

determinacions de l'índex d'acidesa, indiquen que per sota d'un valor del 0,6 d'aquest índex, l'avellana està en bon estat.

Encara que l'objecte d'aquest treball no és l'optimització de les condicions de conservació podem indicar que, dins la gamma de les condicions ambientals estudiades, la humitat i temperatura baixes afavoreixen la bona conservació d'aquest fruit sec.

QUADRE 1. Evolució del contingut d'aigua del gra, expressat en %, en sotmetre l'avellana amb closca als diferents tractaments ambientals

TRACTAMENT AMBIENTAL	DIA DE LA DETERMINACIÓ							
	%H / °C.	0	14	21	28	35	42	49
60 / 40		3,5	4,0	4,0	3,2	3,0	3,0	3,5
60 / 50		3,5	3,5	3,5	2,8	3,0	3,2	2,8
60 / 60		3,5	3,5	3,5	—	2,5	2,8	2,3
92 / 40		3,5	7,2	7,2	10,8	12,2	13,2	12,0
92 / 50		3,5	9,5	9,5	11,8	17,5	—	17,5
92 / 60		3,5	9,2	9,2	11,8	17,8	14,0	17,8
magatzem = 60 / 10		3,5	3,2	3,2	3,0	2,5	3,8	4,0

QUADRE 2. Evolució de l'índex d'acidesa, mg. KOH / 1 g. oli,
de la fracció oliosa de l'avellana

TRACTAMENT AMBIENTAL	DIA DE LA DETERMINACIÓ							r	RECTA DE REGRESSIÓ
	0	14	21	28	35	42	49		
%H / °C.									
60 / 40	0,27	0,36	0,54	0,54	0,58	0,68	0,69	0,97	$y = 0,28 + 0,0090 x$ **
60 / 50	0,27	0,55	0,64	0,69	0,75	0,82	0,95	0,98	$y = 0,33 + 0,013 x$ **
60 / 60	0,27	0,55	0,80	0,80	1,06	1,25	1,40	0,99	$y = 0,25 + 0,023 x$ **
92 / 40	0,27	1,21	2,26	3,03	3,08	—	3,63	0,96	$y = 0,47 + 0,072 x$ **
92 / 50	0,27	0,88	1,04	1,13	1,30	1,52	1,83	0,99	$y = 0,34 + 0,029 x$ **
92 / 60	0,27	0,61	0,76	0,88	1,10	1,35	1,68	0,99	$y = 0,21 + 0,028 x$ **
magatzem 60 / 10	0,27	0,27	0,21	0,25	0,27	0,31	0,40	0,62	$y = 0,22 + 0,0022 x$ *

QUADRE 3. Evolució de l'índex de saponificació, mg. KOH / 1 g. oli,
de la fracció oliosa de l'avellana

TRACTAMENT AMBIENTAL	DIA DE LA DETERMINACIÓ							r	RECTA DE REGRESSIÓ
	0	14	21	28	35	42	49		
%H / °C.									
60 / 40	183	184	187	192	188	196	193	0,74	$y = 183 + 0,240 x$ **
60 / 50	183	186	190	191	186	196	194	0,82	$y = 183 + 0,235 x$ **
60 / 60	183	185	192	192	189	195	193	0,84	$y = 184 + 0,228 x$ **
92 / 40	183	186	188	—	187	194	194	0,89	$y = 182 + 0,229 x$ **
92 / 50	183	—	189	194	191	193	192	0,90	$y = 184 + 0,202 x$ **
92 / 60	183	188	—	190	190	191	192	0,92	$y = 184 + 0,174 x$ **
magatzem 60 / 10	183	—	185	191	193	191	193	0,89	$y = 182 + 0,218 x$ **

QUADRE 4. Evolució de l'índex d'ester, mg. KOH / 1 g. oli,
de la fracció oliosa de l'avellana

TRACTAMENT AMBIENTAL	DIA DE LA DETERMINACIÓ							r	RECTA DE REGRESSIÓ
	%H / °C.	0	14	21	28	35	42		
60 / 40	182	183	186	182	187	195	192	0,80	$y = 181 + 0,235 x$ *
60 / 50	182	186	189	190	188	195	194	0,70	$y = 184 + 0,226 x$ °
60 / 60	182	185	191	191	188	194	192	0,82	$y = 183 + 0,199 x$ *
92 / 40	182	184	186	—	184	—	191	0,77	$y = 182 + 0,129 x$ °
92 / 50	182	—	188	193	190	191	190	0,79	$y = 185 + 0,153 x$ *
92 / 60	182	187	—	189	189	190	191	0,94	$y = 184 + 0,155 x$ **
magatzem ≥ 60 / 10	182	—	184	190	193	191	192	0,91	$y = 182 + 0,228 x$ **

QUADRE 5. Evolució de l'índex de iode, mg. I / 1 g. oli,
de la fracció oliosa de l'avellana

TRACTAMENT AMBIENTAL	DIA DE LA DETERMINACIÓ							r	RECTA DE REGRESSIÓ
	%H / °C.	0	14	21	28	35	42		
60 / 40	98,3	—	97,6	96,4	96,9	94,5	95,8	-0,81	$y = 98,4 - 0,065 x$ **
60 / 50	98,3	96,8	97,2	94,1	95,1	96,3	96,8	-0,48	$y = 97,5 - 0,040 x$ °
60 / 60	98,3	—	97,6	95,6	96,1	97,0	95,5	-0,75	$y = 98,2 - 0,052 x$ **
92 / 40	98,3	—	96,5	96,7	96,0	95,6	95,7	-0,89	$y = 97,9 - 0,055 x$ **
92 / 50	98,3	94,4	—	95,8	95,6	93,4	95,9	-0,48	$y = 96,6 + 0,050 x$ NS
92 / 60	98,3	94,8	95,3	93,6	96,0	95,6	94,8	-0,61	$y = 97,1 - 0,044 x$ *
magatzem ≥ 60 / 10	98,3	—	96,5	—	100,6	96,8	101,5	0,41	$y = 97,3 + 0,049 x$ NS

**QUADRE 6. Avaluació de les metodologies assajades : desviació
típica
i resultats indicatius de la seva eficàcia relativa per al control analític
dels processos d'enranciment de l'avellana**

MÈTODE ANALÍTIC	(1)	(2)	(3)	(4)
	S	3S	a	DIES (increment) $\Delta x = 3S / a$
Índex d'acidesa	0,013	0,04	0,013	3
Índex saponificació	1,4	4,2	0,23	18
Índex d'ester	1,4	4,2	0,23	18
Índex de iode	0,6	1,8	0,04	45

Notes:

- (1) La desviació típica donada és un valor experimental obtingut en les nostres condicions de treball.
- (2) El valor 3S és el límit mínim que diferencia significativament dos resultats, amb una probabilitat del 99,7%.
- (3) Els valors «a» són els pendents de les rectes de regressió dels Quadres 2 al 5, corresponents al tractament ambiental 60/50.
- (4) Aquest paràmetre correspon als dies que com a mínim han de passar perquè dos resultats analítics siguin significativament diferents. Es calcula a partir de l'expressió $x = y/a$ fent $y = 3S$ i essent «a» el pendent de les rectes de regressió.

5. BIBLIOGRAFIA

- BADUI DERGAL, S. (1981).— *Química de los alimentos*. 1a. ed., 25-191. Ed. Alhambra Mexicana.
- CHEFTEL, J.L.; CHEFTEL, H. (1976).— *Introduction a la biochimie et a la technologie des aliments*. Vol. 1, 304 i ss. Enterprise moderne d'edition.
- FENNEMA, O.R. (1982).— *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Ed. Revarté, pág. 33-44.
- NAUDET, M.; BIASINI, S. (1973).— *Sur la formation d'acides oxydes au cours de la conservation de graines*. Corps grass, 143-145. Université de Provence, Marseille.
- PRIMO YUFERA, E. (1979).— *Química Agrícola*. Vol. 3. 196-212. Ed. Alhambra.
- ROMERO AROCA, A.J.*; et al. (1983).— *Estudi i selecció d'una tècnica analítica adequada per al control de l'avel·lana emmagatzemada*. *Projecte de fi de carrera presentat a l'Escola d'Agricultura de Lleic'a.
- SOLIVA, M.; et al. (1983).— *Determination et description de l'huile de l'amandon de diferentes varietes de noisetier*. Convegno Internazionale sul Nocciolo. Avellino. Regione Campania Assessorato Agricoltura.