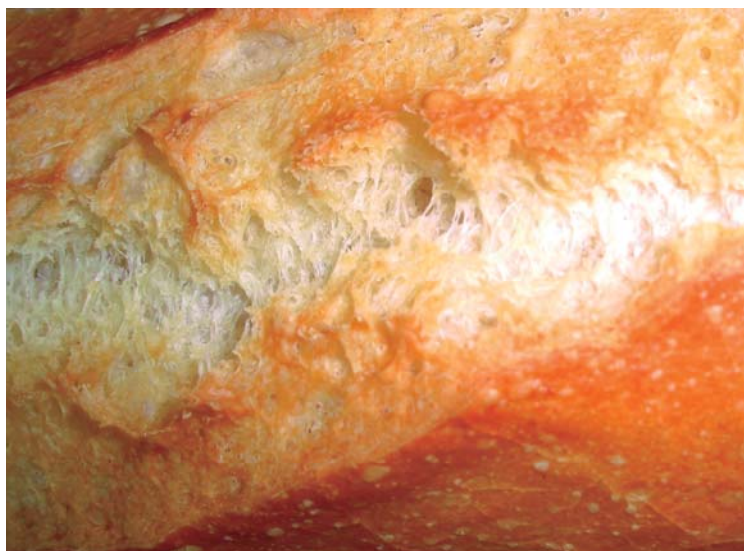


ESTUDI SOBRE LA INFLUÈNCIA DEL PROCÉS DE PANIFICACIÓ EN LA CONSERVACIÓ DEL PA COMÚ



Xènia Querol Utgés

2n de batxillerat 2

Tutora: Judith Fuguet

Institut Poeta Maragall

Curs 2011-2012

ÍNDIX

Introducció.....	pàg. 1
Objectius.....	pàg. 2
Cerca documental.....	pàg. 3
1. Conceptes generals.....	pàg. 3
1.1. Denominació i qualitat del pa.....	pàg. 3
1.2. Pa artesanal i pa industrial.....	pàg. 4
2. Matèries primeres.....	pàg. 6
2.1. El blat.....	pàg. 6
2.1.1. La farina.....	pàg. 7
2.2. L'aigua.....	pàg. 13
2.3. La sal.....	pàg. 14
2.4. El llevat.....	pàg. 14
3. El procés de panificació.....	pàg. 18
3.1. Pastada.....	pàg.18
3.2. Repòs de la massa en bloc.....	pàg.19
3.3. Pesada i divisió.....	pàg. 20
3.4. Funyit.....	pàg. 21
3.5. Repòs en peces.....	pàg. 21
3.6. Format.....	pàg. 22
3.7. Fermentació.....	pàg. 23
3.8. Talls.....	pàg. 27
3.9. Cocció.....	pàg. 28
3.10. Refredament.....	pàg. 32
4. Els millorants.....	pàg. 33
4.1. Classificació.....	pàg. 34
5. La conservació del pa.....	pàg. 38
5.1. Defectes del pa.....	pàg. 38
5.2. Envelliment del pa.....	pàg. 38
6. Taula de les característiques organolèptiques del pa.....	pàg. 46

Part experimental.....	pàg. 49
1. Objectius i metodologia.....	pàg. 49
1.1. Procés habitual de panificació de les barres control.....	pàg. 50
2. Experiències	pàg. 53
2.1. Efecte del temps de cocció.....	pàg. 53
2.2. Efecte del temps de fermentació.....	pàg. 58
2.3. Efecte d'un millorant natural.....	pàg. 62
2.4. Efecte del format.....	pàg. 65
2.5. Efecte de la massa del pa de pagès.....	pàg. 69
2.6. Efecte de la quantitat de sal.....	pàg. 73
2.7. Efecte d'un millorant per a pa de motlle.....	pàg. 77
2.8. Efecte del llevat de massa mare.....	pàg. 81
2.9. Efecte de la quantitat d'aigua.....	pàg. 85
2.10. Síntesi final.....	pàg. 89
3. Anàlisi de les barres control.....	pàg. 93
Conclusions.....	pàg. 96
Fonts documentals.....	pàg. 99
Agraïments.....	pàg.102
Annex	

INTRODUCCIÓ

Aquest és un treball de recerca de caire experimental relacionat amb l'àmbit de les tecnologies dels aliments, un tema que sempre he trobat interessant. La idea, però, va sorgir d'una senzilla pregunta de la vida diària "per què hi ha productes que es fan malbé tan ràpidament?".

Ara bé, si no hagués comptat amb l'ajuda i les facilitats que m'oferia l'obrador del meu tiet, no m'hauria pas decantat per tocar un producte, tan bàsic però alhora tan complex, com és el pa. Dins d'aquesta categoria tan àmplia, la vaig limitar al pa comú.

Considerava que, de tots els aspectes del pa, analitzar-ne la conservació era un camí sobre el qual encara no hi havia gaire informació i tanmateix, el consumidor es pregunta freqüentment per què cal anar a comprar el pa cada dia.

Partint d'aquesta situació, la recerca realitzada consistia en descobrir si era possible millorar la conservació del pa comú i per tant, identificar quins paràmetres eren els responsables de la seva conservació, procurant trobar-hi en tot moment una justificació teòrica.

És més, per determinar-ne la conservació, vaig recórrer tant a mètodes qualitius com quantitius per tal de contrastar els resultats. Els primers consistien en descriure tan objectivament com fos possible el grau de conservació del pa al llarg de les hores apreciat pel mateix consumidor. En canvi, en el segon pretenia comprovar si el pa perdia massa amb el transcurs de les hores i per tant, aqua i si aquesta pèrdua d'humitat estava directament relacionada amb els resultats obtinguts a l'apartat anterior.

Sintetitzant, aquesta recerca investiga quins són els elements de les matèries primeres i del procés de panificació que repercuteixen en la conservació del pa, estudiats sota dos punts de vista diferents: un de quantitatiu i un altre de qualitatiu; aplicar-los en el pa de manera independent per comprovar el seu efecte i acabar unint-los per aconseguir finalment un pa que es conservés tan com fos possible, sense que això perjudiqués excessivament les seves característiques qualitatives pròpies.

Cal tenir en compte que la fabricació de pa no és un procés automatitzat, per la qual cosa un mateix pa pot variar lleugerament les seves característiques en una experiència o una altra, les quals depenen de múltiples factors que poden arribar a ser imprevisibles (des de les condicions ambientals fins als microorganismes que intervenen al llarg del procés). Això suposa una dificultat afegida a la recerca a l'hora de fer comparacions i extreure'n conclusions.

A més, no és fàcil l'accés a informació sobre aquest àmbit i en certs aspectes com en la conservació els autors divergeixen els uns dels altres, per la qual cosa s'han hagut de fer consultes a persones especialitzades en la matèria.

OBJECTIUS

A continuació s'exposen detalladament els objectius que s'han perseguit en aquesta recerca, els tres primers pertanyen a la cerca documental i els tres darrers, al treball de camp:

1. Investigar els factors que influeixen en la conservació del pa, sobretot aquells que tenen a veure amb el procés de panificació o les matèries primeres utilitzades, deixant de banda les condicions externes de conservació (és a dir, temperatura, humitat, embolcall etc.).
2. Explicar quins fenòmens químics i físics tenen lloc en el pa durant el període de conservació i com els paràmetres de l'apartat anterior modifiquen aquests processos.
3. Descobrir quin paper tenen cadascuna de les matèries primeres, millorants i cadascuna de les etapes del procés de panificació en les característiques organolèptiques del pa resultant i en conseqüència, en la consideració d'un pa de qualitat.
4. Un cop trobats tots aquests factors, es tracta de comprovar de forma independent quin efecte real tenen quan s'apliquen al pa comú de cara tant a la conservació com en la qualitat del producte.
5. Respecte l'anàlisi quantitatiu, determinar si existeix una relació entre la pèrdua d'humitat del pa mesurada quantitativament i el seu grau de conservació analitzat pel consumidor en el transcurs de les hores, ja que se suposa que l'assecamment i enduriment del pa augmenten com major sigui la quantitat d'aigua perduda.
6. La recerca acabaria amb una prova final on es pretén elaborar un pa que reuneixi tots els elements que n'hagin allargat la conservació, i per tant es conservi tan com sigui possible i alhora tingui unes característiques qualitatives ben acceptades per al consumidor. És més, es comprovarà si aquest nou pa millorat va associat a una disminució de la quantitat d'aigua perduda.

Nota: totes les fotografies que apareixen al llarg del treball, exceptuant la primera de la pàg. 6, han estat fetes expressament a l'obrador i en el pa amb que s'ha treballat.

CERCA DOCUMENTAL

1. CONCEPTES GENERALS

1.1 DENOMINACIÓ I QUALITAT DEL PA

Des de l'antiguitat el pa ha estat considerat un aliment bàsic per a la humanitat, la base del qual s'ha mantingut constant tot i que les tècniques han canviat. Actualment, la Reglamentación Técnico-sanitaria vigent a l'Estat espanyol defineix el pa de la manera següent: *“pan, sin otro calificativo, designa el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria.”*

Ara bé, en aquest treball es tractarà principalment el pa comú, fet exclusivament de farina de blat, aigua, llevat, sal i els coadjuvants i additius panaris autoritzats (tots els que s'exposen al bloc de millorants); mentre que la categoria de pans especials engloba totes aquelles varietats que contenen altres ingredients i/o additius. Per altra banda, fruit de l'aplicació massiva de les tecnologies de refrigeració i congelació de les masses de pa a finals del segle XX, també apareixen i seran mencionats al treball els productes semielaborats, els quals representen el 50% dels pans de l'actual mercat espanyol. Aquests productes semielaborats també pertanyen a la categoria de pans especials, ja que no segueixen el procés habitual de panificació tot i que sí que poden contenir la mateixa composició que el pa comú.

Al seu torn, el pa comú es classifica en diferents varietats segons el format i el pes, la composició i el procés de panificació que han seguit, dels quals se'n distingeixen bàsicament dos grups:

- el pa bregat, de molla dura o candial, on és imprescindible l'ús de cilindres refinadors, com en la “telera” o la “fabiola”, ja que la massa costa més de treballar perquè no conté tanta aigua.
- el pa de flama o molla tova, el qual necessita més aigua que l'anterior i inclou la baguette, la xapata, la barra de quart, el llonguet, el pa de pagès i el gallec, entre d'altres.

LA QUALITAT DEL PA:

Des del punt de vista del consumidor, el terme “qualitat” es podria definir a grans trets com el compliment de les expectatives que el client diposita en aquest producte en el moment de comprar-lo. Aquests requisits exigits per a consumidor són:

- característiques higièniques: garanteixen que el producte sigui inocu, comestible i aporti un valor nutritiu a l'organisme. Estan regulades per llei (reglamentació técnico-sanitària d'Espanya)
- característiques organolèptiques: són directament avaluable pel mateix consumidor a través dels sentits i dependran de la composició i el procés de panificació seguit:

- a) Aspecte: forma, grenyat i color de la superfície del pa
- b) Olor o aroma (s'utilitzaran els dos termes indistintament): substàncies volàtils despreses durant la cocció.
- c) Gust, sobretot el de la molla.
- d) Textura de la crosta i de la molla: comportament del producte envers una acció mecànica com la masticació.
- e) Conservació: manteniment de les característiques anteriors el màxim de temps possible, retardant l'inevitable enduriment, assecament i engomament.

Les característiques organolèptiques òptimes dependran del tipus de pa que es vulgui obtenir i seran especificades per a la barra de quart en el treball de camp (vegeu introducció de la part experimental)

1.2 PA ARTESANAL I PA INDUSTRIAL

Si bé el tipus de pa obtingut és clarament un element diferenciador, és també important diferenciar el pa segons el tipus de procés que s'ha seguit per obtenir-lo. És precisament el mètode de producció el que ha canviat dràsticament durant la segona meitat del darrer segle i ha donat lloc a dos maneres molt diferenciades de fer pa.

Per una banda, s'hi troba el pa artesanal, que correspon al quin ha seguit un procés tradicional de panificació, tal i com s'ha fet al llarg de la història. Comprèn les característiques següents:

- Es treballa amb quantitats de farina relativament petites, ja que abasten només un o uns quants punts de venda, generalment, dins d'un mateix barri. Per tant, sempre es tracta de venda al detall.
- Es treballa en locals anomenats obradors propietat d'un o uns quants socis.
- El procés de panificació és relativament llarg, amb temps de repòs de la massa suficients, fermentacions lentes i l'ús del llevat natural de massa mare.
- No s'emptra gairebé cap tipus d'additiu (si es fa, acostumen a ser d'origen natural com la lecitina de soja)
- L'única maquinària autoritzada són les pastadores, les cambres de fermentació i els forns; la resta de procés és manual.
- Requereixen, doncs, una gran quantitat de mà d'obra especialitzada.
- Hi ha poca regularitat del producte, ja que no hi ha tanta precisió en els temps i quantitat de cada ingredient.
- Es treballa a la nit, perquè el pa estigui cuit l'endemà el matí (no s'atura el procés).
- Sempre es ven el pa fresc i fet del dia
- Té una bona conservació.
- Queden força restes de pa que no s'aprofiten.
- Cost del pa és lleugerament superior.

Per l'altra banda, hi ha el producte conegut amb el nom de "pa industrial", que ha consistit senzillament en aplicar el mètode industrial a la producció de pa. Es diferencia de l'anterior en els aspectes següents:

- Producció a gran escala i per tant, es mouen volums de farina més elevats.
- El procés de panificació té lloc en grans plantes industrials, a partir de les quals es distribueix cap a tots els punts de venda o cap a majoristes.
- El capital prové de grans empreses anònimes.
- El procés està totalment mecanitzat i automatitzat, raó per la qual no fa falta personal especialitzat, sinó simplement la supervisió i control del procés per operaris qualssevol.
- Es produeixen pastades molt ràpides, escassos o nuls temps de repòs i fermentacions que poden arribar a ser molt ràpides, amb l'objectiu d'incrementar la rendibilitat de la maquinària.
- Requereixen una inversió molt superior de capital en maquinària i noves tecnologies.
- Molta regularitat en la producció, a causa d'un procés totalment sistemàtic.
- S'empra la tecnologia del fred per a una fermentació controlada i una precocció del pa, el qual s'envia precuit i congelat als punts de venda que l'acabaran de coure.
- S'empren una gran quantitat d'additius per tal que les masses tolerin millor la força de la maquinària, hi hagi més regularitat en la producció i suportin millor el fred.
- El pa pot haver estat congelat fins a 3 mesos abans d'arribar al consumidor.
- En les establiments, s'assegura disponibilitat de pa recent cuit en tot moment
- Major flexibilitat d'horaris gràcies a les noves tecnologies que permeten aturar el procés de panificació en qualsevol fase.
- El consumidor desconeix l'origen del pa.
- Preu molt assequible, ja que el cost de producció és inferior.
- No hi ha sobres.
- El pa, per culpa de la gran quantitat d'additius i el temps que passa congelat, perd gust i té una conservació molt escassa. Fins i tot, pot arribar a ser indigest.

Així mateix, també se segueixen processos intermedis entre l'artesanal i l'industrial, on el procés està semi-mecanitzat, l'ús d'additius és freqüent, s'empra el fred i al precocció, però l'abast del producte continua sent reduït.

Ara bé, el pa industrial no s'oposa al concepte de qualitat, ja que les matèries primeres poden continuar sent les mateixes. L'única diferència rau en el procés de panificació que té punts febles com ara les fermentacions massa ràpides, l'ús excessiu d'additius i la utilització del fred durant períodes de temps prolongats. Tanmateix, el pa industrial ha anat guanyant terreny i actualment, la major part del pa que es consumeix és fabricat a les grans indústries.

2. MATÈRIES PRIMERES

En aquest primer capítol, s'hi expliquen els ingredients bàsics per a l'elaboració del pa. La base és una mescla de farina i aigua. La primera prové del blat i com que aquest té una gran influència en les propietats de la farina resultant, s'explica prèviament i hi quedarà inclòs el punt de la farina. També es necessita la sal i finalment, el llevat que és necessari per la fermentació panària.

2.1 EL BLAT

La farina prové de la mòlta d'algun cereal. En el cas del pa comú, només es treballa amb farina de blat i per aquest motiu, és la única que es tractarà en aquest capítol.

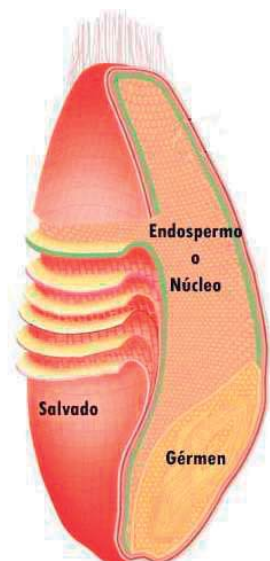
El blat és doncs un cereal, és a dir, una espècie vegetal provinent de la família de les gramínies. Entre tots els cereals, el blat ha estat sempre el més utilitzat (des de l'època prehistòrica) pel fet que presenta una gran capacitat d'adaptació a tot tipus de terreny i climes diversos. Del gènere del *triticum* (vulgarment anomenat blat), se'n cultiven principalment dues espècies que tenen un interès notable des del punt de vista comercial. Per una banda, el *triticum vulgare* (blat tou), que s'acostuma a moldre per produir farina utilitzada pel pa i per tota mena de productes de panificació. Per l'altra, s'hi troba el *triticum durum* (blat dur), el qual s'aprofita bàsicament com a sèmola per a preparar pastes alimentàries.



ESTRUCUTRA DEL GRA DE BLAT:

De tot el vegetal, la llavor és l'única part assimilable per l'organisme i es troba a l'interior de la flor, que juntament amb els seus embolcalls, constitueixen el gra de blat. La part que correspon al fruit, en aquest cas sec, és la cariòpside. Té forma allargada i acostuma a fer d' uns 6 a 8 mm, 3 o 4 d'ample i presenta un enfonsament longitudinal en un costat. L'estructura del gra de blat presenta 3 grans parts ben diferenciades (vegeu la figura de la dreta):

- El segó, que representa un 11% del pes del gra, fa referència al conjunt de capes que envolten l'endosperma. Generalment, se separa de la resta del gra a l'hora de produir la farina i es destina a usos zootècnics (només s'utilitza en les farines integrals). Conté una gran quantitat de cel·lulosa (material no aprofitable per l'organisme anomenat fibra), una gran quantitat de vitamines del grup B, a més de minerals com el calci, el ferro, el potassi i el fòsfor, que tots plegats enriqueixen el valor nutricional del pa.
- L'endosperma (87% del pes global): Des del punt de vista nutricional, l'endosperma és la part més important de la



cariòpside, ja que subministra aliment a l'embrió durant les primeres fases del seu desenvolupament. Aporta entre el 70 i el 75% de les proteïnes totals del gra i en menor quantitat vitamines del grup B.

- El germen (el 2% del pes total): situat a l'extrem de la llavor que s'uneix a la planta, el germen conté l'embrió al seu interior i constitueix l'aparell germinatiu del gra que donarà lloc a la nova planta en les condicions adequades. Durant la mòlta, el germen acostuma a ser eliminat (excepte en el pa de germen), perquè conté greixos que limiten la conservació de la farina. Malgrat tot, aporta nombroses vitamines del grup B.

Així doncs, el gra de blat és el responsable de la major part del valor nutritiu del pa resultant, tot i que les concentracions inicials es poden veure modificades al llarg del procés de panificació.

2.1.1 LA FARINA

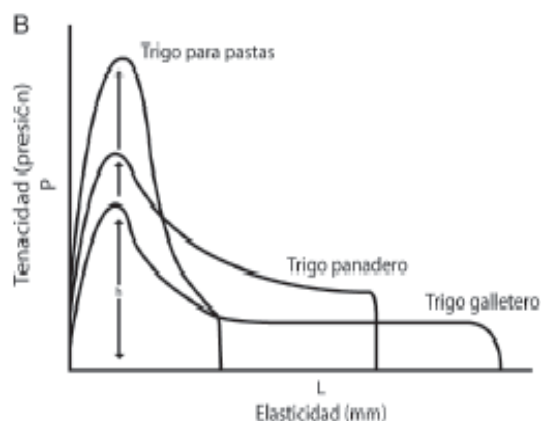
Segons la *reglamentación técnico sanitaria*, s'entén per farina, sense cap altre qualificatiu, el producte finament triturat, obtingut de la mòlta del gra de blat madur, sa i sec i industrialment net; tenint en compte que la mòlta és l'operació mitjançant la qual els grans de blat són triturats i reduïts a partícules de mides diverses, separables entre sí per mitjans mecànics (procés que té lloc al molí).

Abans de ser utilitzada per a panificació, cal deixar-la reposar durant 3 o 4 setmanes en un ambient fresc (no més de 27°C), airejat i d'humitat ambiental màxima del 70%. Durant aquest temps, es produeixen molt lentament una sèrie de reaccions químiques entre els components que milloren les qualitats plàstiques de la farina.

Les farines se sotmeten a una sèrie de proves de laboratori que n'avaluen, per una banda, les seves característiques reològiques (o mecàniques) i per l'altra, la seva composició química amb l'objectiu de determinar la seva qualitat per a elaborar pa i altres productes de panificació.

Respecte al primer aspecte que s'estudia, les anomenades característiques reològiques, són proves que mostren la capacitat de la farina en qüestió per suportar un procés de panificació determinat. Un exemple és l'alveògraf de Chopin, on es formen uns discos de massa petits i fins (barreja únicament de farina, aigua i sal) als quals se'ls hi injecta aire a pressió, de manera que es forma una bombolla fins al punt de rebentar-se. A mesura que es va inflant, es va mesurant la pressió de l'aire de l'interior de la bombolla durant el transcurs del temps, i s'acaba obtenint una gràfica anomenada alveograma com la següent:

L'altura màx. de la corba (en mL) correspon a la tenacitat (P)
La longitud de la corba (en mL) dona l'extensibilitat (L)
La superfície delimitada per la corba i l'eix de les abscisses dona la força (W).



PROPIETATS REOLÒGIQUES DE LA FARINA O DE LA MASSA:

Es consideren propietats reològiques les propietats físiques bàsiques d'una massa panària, que depenen principalment de les característiques de la farina emprada:

Tenacitat: definida com la força necessària que s'ha d'aplicar a una massa per tal de deformar-la o com la resistència que presenta una massa a ser estirada. Com més esforç suposi treballar-la, és a dir, més força s'hagi de fer per estirar-la, més tenaç serà la massa. La tenacitat depèn de la quantitat de proteïnes de la massa, l'addició de substàncies com l'àcid ascòrbic (vegeu bloc dels millorants) i el tipus de pastada. S'expressa amb la lletra P en l'alveograma.

Extensibilitat: correspon a la capacitat de la massa per deixar-se estirar i sense trencar-se, és a dir, permetre suportar les pressions i canvis de forma que s'hi apliquen al llarg del procés de panificació. Com més extensible sigui una massa menys tenaç serà i al contrari, així que es tracta de dos paràmetres inversament proporcionals. A l'alveograma s'indica amb la lletra L i vindrà condicionada per la presència de proteïnes, els additius emprats que l'afovoreixin com L-cisteïna (vegeu bloc dels millorants) i el tipus de pastada.

Equilibri: expressat com P/L, és la relació que hi ha entre el grau de tenacitat i el d'extensibilitat i es troba normalment entre 0 i 1. Aquesta relació és de vital importància per determinar la qualitat de la farina, tan o més que el valor dels 2 altres paràmetres per separat, i augmenta en farines de més contingut proteic.

Elasticitat: és la capacitat que presenta la massa per retornar a la forma inicial després d'un procés de deformació i es pot mesurar qualitativament en estirar la massa i comprovar com s'encongeix. Aquesta propietat és especialment útil a l'hora de formar (vegeu capítol format) la peça.

Tolerància: definida com la capacitat de la massa per suportar un procés mecànic sense trencar-se, sobretot a les pressions que exerceix la maquinària que la pot malmetre.

Força: tècnicament, mesura el treball necessari (quantitat d'energia) per deformar una làmina de massa empesa per aire fins a trencar-se. Però a nivell pràctic, està relacionat amb la capacitat de retenció del gas carbònic procedent de la fermentació, és a dir, la capacitat de créixer durant la fermentació, i per tant, el volum del pa produït, i en definitiva, amb la qualitat del pa resultant. Aquest paràmetre, expressat amb una W, es considera un dels més importants en panificació i per aquest motiu la classificació dels diferents tipus de farines es fa en funció de la seva força, la qual augmenta amb la quantitat i la qualitat de les proteïnes que conté.

CLASSIFICACIÓ DE LES FARINES SEGONS LA FORÇA:

Farina fluixa:

Indicada per a fermentacions ràpides, en processos total o semi-mecanitzats, dels quals en resulta el pa de flama, entre d'altres.

W	90-150
P/L	0,3-0,4
% proteïnes*	< 10%

* pes de proteïnes respecte el pes total de farina

Farina de mitja força:

Indicada per a fermentacions relativament llargues, on no s'empren additius i d'elaboració artesana. S'inclouen en aquest grup el pa francès, el pa candeal, però també les barres precuïtes (vegeu capítol cocció).

W	150-200
P/L	0,4-0,7
% proteïnes	10-14%

Farina de força:

També indicada per a processos semblants a l'anterior i sobretot per pans de gran diàmetre i pes, productes de rebosteria i fermentacions lentes i llargues.

W	180-250
P/L	0,4-0,53
% proteïnes	11,5-13,5%

Farines de gran força:

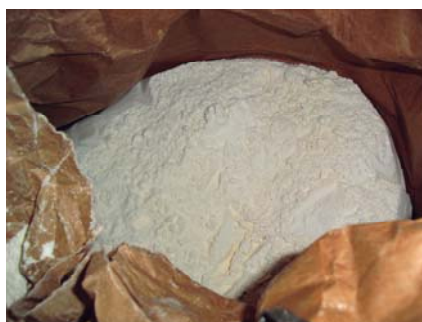
Gairebé no s'utilitzen per a productes panaris (si de cas formen part d'una mescla de farines), sinó per a masses de rebosteria en general que han de suportar molts sucres i greixos o bé per a pastes de pizza.

W	>250
P/L	0,7-1,1
% proteïnes	14-16%

EL GRAU D'EXTRACCIÓ:

Es tracta d'un altre paràmetre important que expressa la quantitat (en massa) de farina obtinguda respecte la quantitat de blat inicial en forma de percentatge. En conseqüència, les farines integrals, han de tenir (segons la RTS) un grau d'extracció del 100% (tot i que quan és superior al 85% ja es considera integral), ja que es conserva tot el segó, responsable de l'enfosquiment del color i de la fibra que conté.

En les farines blanques, el segó i el germen se separen i per tant, acostumen a tenir un índex d'extracció entre el 60 i el 80%. Finalment, també es troben farines germinades que contenen part del germen (normalment torrat) però no el segó anomenades farines de germen.



A l'esquerra farina amb un grau d'extracció major que la farina de la dreta.

Així doncs, la farina resultant ve determinada pel tipus de mòlta seguida, en funció del grau de trituració i separació de les diferents parts. S'hi acostumen a afegir correctors, és a dir, substàncies que milloraran les propietats de les farines en les masses panàries, així com l'àcid ascòrbic, el fosfat monocàlcic i enzims (α -amilases sobretot).

LA DURESA DEL BLAT

La duresa depèn de la densitat de l'endosperma del gra de blat, és a dir, si el midó i les proteïnes (vegeu apartat composició química de la farina) estan estretament entrelaçades i per tant, si se separen fàcilment del segó o no durant la mòlta. En el blat dur, l'endosperma dens ofereix molta més resistència a l'aixafament, de manera que és necessària una mòlta més intensiva, que proporcionarà partícules més grans i una quantitat de midó que quedarà fet malbé, el qual absorbirà més aigua durant la pastada i facilitarà el subministrament d'aliment al llevat. Per contra, en el blat tou, el gra es tritura fàcilment degut a la poca consistència de l'endosperma i s'obté una farina més fina i de partícules més petites. Com que la quantitat de midó fet malbé serà inferior, seran farines que no demanaran tanta aigua, i per tant, el pa tindrà una conservació més limitada. La duresa del blat és una qualitat inherent a l'espècie cultivada, tot i que espècies completament diferents però de duresa similar tindran comportaments semblants a l'hora de treballar amb les seves farines. És més, en molts països és un criteri per garantir la qualitat de les farines.

LA COMPOSICIÓ QUÍMICA DE LES FARINES:

En aquest apartat hi figuren els components nutritius principals de la farina de blat, la quantitat aproximada en la que es troben i la funció que tenen de cara al procés de panificació.

Midó (67-72%):

Aquest component principal de la farina pertany al grup dels glúcids, té una funció de reserva energètica en els vegetals i està format per dues molècules de polisacàrids anomenades amilosa i amilopectina. Ambdues estan constituïdes per unitats de glucoses, però mentre que la primera té una disposició generalment helicoïdal, la segona està ramificada i constitueix el 70% del midó total. Les cadenes de midó es presenten a la farina en forma de grans. En el cas del blat dur, atès que la mòlta és més violenta, entre un 6 i un 12% d'aquests grans queden fets malbé, és a dir presenten "esquerdes" i per tant poden incrementar 3 vegades més la quantitat d'aigua absorbida i permeten actuar millor a les α -amilases (vegeu apartat enzims). En el blat tou, només un 3% del midó queda fet malbé.

El midó és molt higroscòpic (capacitat d'absorbir i perdre aigua amb facilitat) i juntament amb les proteïnes són les principals responsables de l'aigua absorbida durant la pastada. Una altra propietat important és la capacitat de gelatinització, on els grans de midó s'inflen i canvien la seva estructura. Aquest procés té lloc a altes temperatures i per tant, durant la cocció de la massa, en la qual es converteix en molla. Per altra banda, durant la fermentació, part del midó és transformat pels enzims α i β amilases en altres glúcids

més senzills (maltosa i dextrina) que serveixen d'aliment al llevat (vegeu apartat fenòmens químics de la fermentació). Finalment, el midó exerceix un paper decisiu en la conservació del pa, ja que la seva retrogradació (vegeu capítol envelliment del pa) és un dels factors responsables de l'envelliment del pa.

Proteïnes (8-12%):

Formades per llargues cadenes d'aminoàcids, les proteïnes es divideixen en dos grans grups: hidrosolubles, es dissolen en l'aigua, i de reserva, que en contacte amb l'aigua formen el gluten i pertanyen al grup de les prolamines (on s'hi troba la gliadina) i de les glutelins (on destaca la glutenina), ambdues provinents de l'endosperma del gra.

a) Proteïnes de reserva:

La gliadina, que és de baix pes molecular i no tan abundant, s'encarrega de lligar la massa i donar extensibilitat al gluten (paràmetre L de la massa). Per aquest motiu, permet a la massa estirar-se, és a dir, augmentar el seu volum quan el llevat comença a produir gasos durant la fermentació. En canvi, la glutenina proporciona la tenacitat al gluten (índex P), la consistència a la massa, de manera que aquesta pot estirar-se sense trencar-se i retenir els gasos a l'interior.

Aquestes dues proteïnes, que representen el 85% de les proteïnes totals, tenen unes propietats úniques i diferents de les de qualsevol altre cereal, ja que són capaces de formar una massa viscoelàstica en presència d'aigua i d'un treball mecànic. Per aquest motiu, el blat ha estat sempre el cereal més emprat per fer pa. Per tal que la panificació sigui bona, la quantitat de gluten format, aquesta xarxa proteica que subjectarà el diòxid de carboni, ha de ser del 25%.

Retornant al punt anterior, es pot traduir la relació P/L o equilibri a nivell molecular a la quantitat de glutenina respecte a la de gliadina i hom s'adona que com més força té la farina, més glutenina hi ha respecte a la de gliadina, ja que el nombre d'equilibri augmenta.

És important, doncs, determinar al quantitat de proteïnes, però també la seva qualitat, ja que aquesta està estretament lligada amb la seva capacitat higroscòpica. Les proteïnes de les farines de força (que contenen moltes proteïnes i de gran qualitat) poden arribar absorbir 2 vegades el seu pes en aigua, però la quantitat de proteïnes és bastant inferior a la de midó, i per això, la seva absorció no és tan significativa.

b) Proteïnes hidrosolubles (15% de les proteïnes totals):

No n'hi ha tanta quantitat ni tampoc són de vital importància ja que no estan implicades en tota la formació de la massa (només en l'absorció d'aigua) i fermentació d'aquesta. Provenen del germen (si no ha estat eliminat) i de les capes perifèriques del gra. Durant la pastada, es dissolen i en la cocció, coagulen. Se'n coneixen de dos tipus: les albúmines, més abundants, i les globulines.

Altres glúcids (1,5-3%):

La gran majoria són pentosans (2-2,5 % respecte a la quantitat total de farina), que pertanyen al grup de les hemicel·luloses, i són polímers formats per monòmers de pentoses (monosacàrids de 5 àtoms de carboni). La propietat més important és la capacitat per absorbir fins a 10 vegades el seu pes en aigua. Aquestes cadenes poden ser hidrolitzades (descompostes) per l'enzim pentosanasa (o xilanasa) en monosacàrids.

També s'hi troben disacàrids, com la maltosa o la sacarosa, molt més senzills que el midó. Per aquest motiu, els enzims propis del llevat poden descompondre la maltosa (en 2 molècules de glucosa) i la sacarosa (en 1 de glucosa i 1 de fructosa) i els monosacàrids resultants serviran d'aliment al llevat. Per últim, hi ha les dextrines, "trossos de cadena de midó ramificades" que, en certa mesura, contribueixen al color daurat de la crosta durant la cocció.

Cendres (0,3-0,6 %):

Són el conjunt de materials minerals de la farina, sobretot de potassi, magnesi, calci i sodi, i que provenen bàsicament de les capes externes del gra del blat, de manera que el seu contingut augmenta en les farines integrals. Un excés d'aquestes substàncies (>0,7%) pot dificultar el procés de panificació, ja que s'incrusten a les cadenes proteiques formant cristallitzacions que poden provocar pèrdues de gas.

Lípids (1-2%):

Bona part dels lípids es troben al germen, tal com s'ha mencionat anteriorment i el fet d'eliminar-lo evita un sèrie de reaccions enzimàtiques en la farina (abans de ser utilitzada) que la podrien deteriorar molt fàcilment.

Vitamines (0,3%):

Principalment, són del grup B i vitamina E o tocoferol, que provenen tant del germen com del segó i per això són mínimes les dosis en la farina blanca.

Humitat (13-15%):

La quantitat d'aigua no ha de ser superior al 15%, ja que propicia el creixement de fongs i bacteris, l'aparició de grumolls i el deteriorament en general.

Fibra (2,7%):

Tot i que pertanyen al grup dels glúcids, la fibra es refereix especialment als polisacàrids que els enzims humans no poden digerir i que formen part de les parets dels vegetals, així com la cel·lulosa i la hemicel·lulosa. En la farina blanca la quantitat és escassa, ja que la major part es troba al segó.

Enzims (inapreciable):

Els enzims són proteïnes que actuen com a catalitzadors biològics de les reaccions químiques, és a dir, acceleren i fan possible certes reaccions. La quantitat d'enzims presents a la farina varia en funció de l'estat fisiològic del gra durant el seu creixement i recol·lecció. Els enzims que tenen funcions més importants són els enzims diastàsics que produeixen l'escissió de les molècules hidratades de midó, entre els quals cal destacar:

- α -amilases: provenen de la capa externa del germen i actuen sobre glúcids de cadena curta no ramificats tot generant dextrines.
- β -amilases: només actuen sobre el midó fet malbé per la mòlta o pels enzims anteriors, especialment als extrems de les cadenes o als extrems de les ramificacions. Bona part es troben a l'endosperma i donen com a producte maltoses.
- glucoamilases: són presents en la farina però en menor proporció i produeixen la hidròlisi de l'amilopectina, l'amilosa, les dextrines i les maltoses en glucoses.
- proteases: aquestes pertanyen a un grup apart, ja que actuen sobre els proteïnes, degradant-les en aminoàcids i fan que el gluten es torni més porós i el perjudiquen. S'utilitzen expressament en certes ocasions per contrarestar les propietats de les farines de gran força.

2.2 L'AIGUA

Aquesta substància composta per dues molècules d'oxigen i una d'hidrogen és el punt de partida per a totes les reaccions que es donaran en la farina fins a convertir-se en una massa panària. En primer lloc, hidrata el midó i fa possible que les proteïnes de la farina comencin a formar el gluten. En segon lloc, activa el llevat, el qual necessita humitat per començar a treballar.

Duresa de l'aigua:

Ara bé, cal tenir en compte quina és la duresa de l'aigua emprada, és a dir, la concentració de sals de magnesi i calci que conté. Així doncs, una aigua molt dura, d'elevat contingut en sals ($>0,3$ g CaCO_3 / litre H_2O), aporta una tenacitat excessiva al gluten de la massa i n'alenteix la fermentació. Per contra, les aigües toves ($<0,07$ g CaCO_3 / litre H_2O) provoquen un excés d'extensibilitat en la massa, de manera que el llevat actuarà molt més ràpidament. En darrer lloc, les aigües alcalines ($\text{pH}=7$), d'acidesa gairebé nul·la, inhibeixen fortament l'activitat del llevat, que treballarà molt lentament.

Quantitat d'aigua:

Com a regla general, se n'acostuma a afegir dos tercers parts del pes en farina. Tot i així, aquesta quantitat augmenta en els casos següents:

- elevat contingut proteic en la massa, i per tant, farina de força o gran força
- Ús del llevat de massa mare (vegeu capítol llevat)

- Processos artesanals

Per contra, quan s'empren farines fluïxes, s'hi afegeixen ous, greixos o sucres, o s'elabora mitjançant processos automatitzats l'aigua necessària disminueix lleugerament.

Temperatura de l'aigua:

Finalment, cal tenir present la temperatura de l'aigua, ja que si bé resulta incontrolable la temperatura de la farina i de l'obrador, l'aigua pot servir per compensar les altres dues quan hi ha un excés de calor, de manera que la massa pugui tenir (independentment de les condicions exteriors) una temperatura constant.

2.3 LA SAL

La sal comuna no és res més que clorur de sodi amb petites impureses en quantitats ínfimes. La seva funció principal és donar gust al pa, ajudant a potenciar el sabor de les altres matèries primeres que el constitueixen. Així mateix, també té efectes positius en el desenvolupament de la massa. Primerament, incrementa l'absorció d'aigua en les proteïnes, una de les raons per la qual el pa es conservarà fresc durant més temps (vegeu capítol de l'envelliment del pa, aigua lliure). Respecte al comportament de la massa, aquesta es torna més ferma i tenaç, ja que afavoreix la formació del gluten en la gliadina (la qual és menys soluble en aigua salada). En tercer lloc, frena l'acció del llevat, el qual provocaria masses d'un volum excessiu, i per tant, necessària en fermentacions llargues. Per últim, en la cocció del pa amb major dosi de sal, aquest agafa color més ràpidament al forn, amb la qual cosa el temps de cocció es redueix. Com a resultat, s'obté un pa amb crosta fina, cruixent i color torrat.

Quantitat de sal:

La quantitat de sal per cada quilogram de farina oscil·la entre els 15 i els 25 g. Tot i això, les farines fluïxes, les fermentacions llargues i ambients secs demanaran una dosi lleugerament superior a l'habitual.

2.4 EL LLEVAT

Segons el Codi Alimentari Espanyol, es considera llevat al producte obtingut per proliferació del *Saccharomyces Cerevisiae* de fermentació elevada (vegeu capítol fermentació), en medis ensucrats com la melassa.

Des del punt de vista taxonòmic, es designa amb el nom de llevat en si a un grup de microorganismes unicel·lulars eucariotes que pertanyen al regne dels protists. Són cèl·lules esfèriques o ovoides que s'agrupen formant cadenes més o menys ramificades i cadascun d'aquests conjunts rep el nom de micel·la. Aquestes cèl·lules que contenen nombroses vitamines, sobretot del grup B. Generalment, es reproduïxen asexualment per gemmació, però també és possible la via sexual.

Respecte a la nutrició, es poden alimentar tant de carbohidrats com d'aminoàcids, però sempre que hi ha abundància de sucres en el medi, opten per dur a terme la fermentació alcohòlica, una via anaeròbica per obtenir energia. A partir de monosacàrids com la fructosa i la glucosa, mitjançant un seguit de reaccions complexes i el complex enzimàtic zimasa, s'obté etanol, diòxid de carboni i molècules d'ATP (utilitzades per obtenir energia).



Saccharomyces Cerevisiae és l'espècie més utilitzada en el procés de panificació, així com també per a la producció de vi i cervesa. Forma part del grup de llevats biològics, els quals es diferencien dels, vulgarment anomenats llevats químics, o també gasificants. Aquest últim grup es refereix a substàncies químiques que al reaccionar amb certs compostos de la massa, desprenen gas (per exemple, l'àcid tartàric i el bicarbonat de sodi junts), però s'utilitzen en brioixeria sobretot i són poc freqüents en panificació. Per aquesta raó, sempre que es parli de llevat es farà referència al producte obtingut de la proliferació de *Saccharomyces Cerevisiae*.

TIPUS DE LLEVATS BIOLÒGICS:

Tot i que tots provenen de la mateixa espècie, el llevat es pot presentar, bàsicament, de tres maneres diferents. Les 2 primeres es fabriquen industrialment i es comercialitzen, mentre que la darrera es fa i conserva pel mateix forner (actualment, se'n ven també de ja preparat).

Llevat fresc, premsat o en pastilla:

Està constituït per una colònia de *Sccharomyces Cerevisiae* i es presenta en blocs de 500g. És d'un color cremós, compacte i d'una humitat del 75%. Tanmateix, la seva conservació és limitada, d'uns 15 dies, però si es manté a una temperatura de 4-10°C es pot allargar fins a 5-6 setmanes. Actualment, és el més utilitzat, sobretot en processos industrialitzats o semi-automatitzats.

Llevat deshidratat instantani:

En aquest cas el llevat està parcialment deshidratat (5% d'humitat) i es presenta en paquets envasats al buit. El *Sccharomyces Cerevisiae* es manté en estat latent i s'activa tan bon punt entra en contacte amb l'aigua de la massa. D'aspecte granulat i porós, aquest llevat pot arribar a conservar-se un any si no es deixa obert (a partir d'aquell moment s'ha utilitzar en un termini de 3 dies). Només es fa servir quan no es té accés o no es pot mantenir el llevat fresc.

Llevat de massa mare natural:

S'anomena llevat natural a la massa de farina i aigua (opcionalment amb sal) que es deixa en repòs durant un període de temps més o menys llarg. Durant aquest temps, la massa es contaminada de microorganismes presents a l'aire (bacteris làctics i acètics sobretot) que s'instal·len a la massa i comencen a produir tot un seguit de reaccions químiques, fruit de la funció de nutrició, les quals donen lloc a productes com l'alcohol

(procedent de la fermentació alcohòlica del llevat), àcid làctic, acètic i butíric (procedent de l'activitat bacteriana). Un cop aquesta massa està prou fermentada (pels microorganismes que l'han colonitzat) i en conseqüència, ha augmentat de volum, se n'agafa un tros i es fa servir com agent fermentador per a la massa panària. Aquesta massa serveix, doncs, com a medi de cultiu del llevat "salvatge" i cada cert temps s'hi ha d'anar afegint farina i aigua, d'on el llevat n'extreu l'aliment.

Tradicionalment, la massa mare es feia amb un tros de massa que havia sobrat del dia anterior i que es deixava reposar per utilitzar-la l'endemà. Actualment, s'hi afegeix llevat en pastilla en petites dosis per accelerar el procés. De fet, fins i tot es pot comprar llevat de massa mare líquid ja preparat, de característiques similars però no cal mantenir-la contínuament.

CONSERVACIÓ DE LA MASSA MARE:

Cal controlar la temperatura i l'acidesa (o pH) de la massa perquè el desenvolupament dels microorganismes sigui el correcte. La primera ha d'estar situada al voltant dels 25°C i l'activitat augmenta amb la temperatura fins al punt que es fa impossible de controlar. Respecte a l'acidesa (produïda pels bacteris làctics sobretot), el pH no ha de ser superior a 5, ja que en cas contrari, la proporció en que es donen totes aquestes reaccions es descompensaria, especialment la butírica (responsable de la putrefacció dels aliments). Entre un pH de 4 i 4,5 es considera una acidesa òptima, per sobre d'aquests valors, pH de 6, hi ha també risc d'aparició d'altres bacteris perjudicials per la salut. L'addició de sal, al seu torn, permet frenar l'acció del llevat i per tant, allargar-ne la conservació (un llevat de massa mare on s'hi afegeix massa nova periòdicament pot arribar a durar anys).

FUNCIONS DEL LLEVAT:

Tot i que ja s'han comentat algunes de les funcions del llevat sobre la massa, aquestes es poden dividir en 3 d'importants:

- Desenvolupament de l'aroma i part del gust mitjançant la producció d'àcids, alcohols, èters i d'altres.
- Pujada de la massa, gràcies al CO₂ obtingut, és a dir, la massa augmenta de volum perquè aquest gas queda retingut al seu interior per la força de la xarxa glutinosa, de tal manera que es formen els alvèols (forats) característics de la molla.
- Reforça la tenacitat de la massa que tendeix a guanyar extensibilitat amb el temps

L'acció del llevat es desenvolupa en 3 etapes, que van des de que s'incorpora el llevat a la massa fins que l'interior de la massa adquireix una temperatura de 55°C durant la cocció, moment en que s'anul·la l'activitat definitivament.

- 1- Durant la pastada, (tenint en compte que el llevat s'afegeix només als últims 5 minuts) el llevat comença a consumir ràpidament els sucre simples disponibles de la farina (glucosa i fructosa) per transformar-los en etanol i CO₂.

- 2- Un cop aquests s'esgoten, normalment coincideix amb l'etapa de la fermentació (vegeu capítol fermentació), els enzims de la farina degraden el midó per tal que pugui ser aprofitat pel llevat en forma de monosacàrids.
- 3- Finalment, quan la massa ja fermentada entra al forn, experimenta un augment sobtat de temperatura que fa que el llevat acceleri el seu procés i la massa s'infla per darrera vegada abans de prendre la forma definitiva.

COMPARACIÓ DELS EFECTES DEL LLEVAT DE MASSA MARE I EL LLEVAT FRESC:

L'ús d'un tipus de llevat o un altre tenen una gran influència en el resultat final del pa, així com també cada llevat és més adequat per a unes farines i un tipus de pa determinats. S'exposen a continuació algunes diferències en el pa fet amb llevat de massa mare:

- Molla més humida i, per tant, més gustosa, ja que aquest llevat ajuda a retenir més aigua per part del midó.
- Crosta més gruixuda i es manté en bon estat durant més temps.
- Pa més àcid, provinent de l'acidesa de la massa mare, és a dir, d'un gust més intens i també el fa més digerible.
- La molla té una porositat fina i regular, ja que el diòxid de carboni s'ha produït lentament i gradualment.
- El pa té més cos, és a dir, la molla és més densa i consistent.
- La crosta gruixuda i la molla humida i consistent són factors que, en un principi, afavoreixen la conservació del pa.

Amb l'ús del llevat de massa mare, la fermentació és més lenta i requereix més temps, igual que augmenten els temps de repòs de la massa. En conseqüència, els enzims proteolítics (encarregats de la transformació de les proteïnes en aminoàcids) tenen més temps per actuar, sempre i quan no sigui excessiu, cosa que debilitaria la xarxa glutinosa. Per aquest motiu, el llevat de la mare demana farines de força que puguin suportar fermentacions llargues. Aquests aminoàcids juntament amb la glucosa són convertits en compostos volàtils d'una olor característica.

Així doncs, el llevat de massa mare s'acostuma a emprar per a pans de gran volum i rodons com el pa de pagès i acompanyat de processos artesanals o poc mecanitzats. Per contra, el llevat premsat permet obtenir un pa més regular, s'utilitza en processos ràpids i perfectament mecanitzats, amb farines de menys força que resulten més econòmiques i el pa obtingut és més suau, de crosta fina i de menys volum i preferentment, de forma allargada.



A l'esquerra, el llevat en pastilla i a la dreta, el llevat de massa mare.

3. PROCÉS DE PANIFICACIÓ

Amb aquest nom es designen totes les activitats que converteixen els ingredients bàsics (farina, aigua, sal i llevat) en un producte final consumible que és el pa. Aquest procés està constituït per una sèrie d'etapes ben definides i la majoria imprescindibles que comencen amb la pastada i el repòs bloc, la divisió i la pesada, el i el format; continuen amb la fermentació i els talls i finalitzen amb la cocció i el refredament.

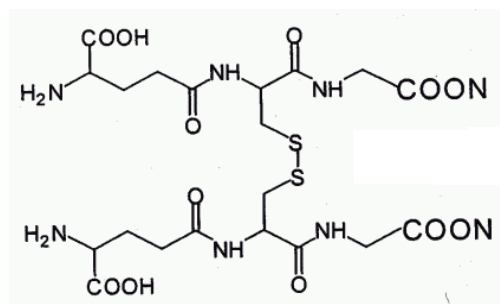
3.1 PASTADA

En aquesta fase, les matèries primeres (farina, aigua i sal al principi i més endavant s'hi afegeix el llevat) passen de ser ingredients individuals a formar un sol cos més o menys homogeni amb unes característiques plàstiques definides anomenat massa. Per tal que aquests components puguin barrejar-se és necessari el subministrament d'energia, en aquest cas mecànica (els moviments manuals o amb una pastadora mecànica), la qual desencadenarà una seguit de reaccions químiques entre els components.

En primer lloc, s'observa un augment del volum inicial de la farina que arriba a duplicar-se amb l'absorció d'aigua. D'aquest fenomen d'absorció n'és responsable el midó "fet malbé", les dextrines, els pentosans (tots són glúcids) i part de les proteïnes. Se sap que com més quantitat de proteïnes tingui la farina més aigua podrà absorbir. També hi influeix la quantitat de midó fet malbé i el grau d'extracció de la farina; com major sigui, més part del segó contindrà la farina i aquest és altament higroscòpic. Així doncs, aconseguir que la massa absorbeixi suficient aigua permetrà allargar-ne la conservació, ja que no es notarà sec tan aviat. A més també s'hi dissol la sal, proteïnes hidrosolubles i d'altres en tota aquesta aigua.

Tan bon punt estan els 3 ingredients barrejats i sempre i quan vagi acompanyat d'un esforç mecànic, comença a formar-se el gluten a la massa, substància constituïda per la combinació de la gliadina i la glutenina i que es caracteritza per la seva elasticitat i impermeabilitat als greixos. Aquesta es desenvoluparà com una xarxa que oposa resistència a la pastadora i aporta tenacitat a aquesta massa ara viscoelàstica, de tacte suau i més aviat seca. La consistència d'aquesta massa anirà augmentant progressivament fins arribar a un màxim, en el qual es dona per finalitzada la pastada. Aquest punt es percep quan la massa es desenganxa perfectament dels dits o de la pastadora i es pot fer una pel·lícula fina a base d'estirar-la. Convé tenir en compte que el temps de la pastada serà més llarg com més aigua absorbeixi la massa per a una mateixa quantitat de farina. Per últim, si afegeix el llevat 5 minuts abans d'acabar la pastada.

Paral·lelament a aquest fenomen, la massa, pels successius estiraments i plects, i gràcies a la xarxa glutinosa en formació, capta oxigen de l'ambient que possibilita, juntament amb una hidratació adequada, una sèrie de reaccions d'oxido-reducció. Entre aquestes, convé destacar la formació d'enllaços disulfúrics (S – S) entre proteïnes a partir de l'oxidació



dels seus respectius radicals sulfhidril (-SH), fet que confereix una resistència major a la xarxa glutinosa (vegeu figura). L'oxigen captat s'emmagatzema a l'interior de la massa, tot formant nuclis de gas que després seran substituïts per diòxid de carboni procedent del llevat.

Per últim, hom es pot adonar d'un augment de la temperatura de la massa en el transcurs d'aquest procés. Aquest increment és causat majoritàriament per l'energia transformada en calor provinent de la pastadora.

Ja des del S. XVII, aquest procés ha estat gairebé sempre mecanitzat, mitjançant pastadores. Actualment són elèctriques i existeixen diversos mètodes, al llarg d'aquest capítol s'ha parlat del mètode directe, que és el més senzill. La duració en aquest cas depèn de la velocitat de la pastada, el sistema de les pales (que són els braços o l'espiral), les característiques del ingredients i la temperatura de l'obrador.

La pastadora de braços és la més lenta però la que permet la màxima oxigenació de la massa i una de les més utilitzades a Espanya (vegeu fotografia).



3.2 REPÒS EN BLOC

Aquesta fase s'inicia tan bon punt s'atura la pastada i la massa es deixa reposar. Durant aquest temps variable, la massa adquireix tenacitat, de manera que resulta més elàstica i menys extensible, ja que el gluten té temps per acabar-se de formar i el llevat comença a realitzar la fermentació alcohòlica.

Les farines fluïxes, el llevat en pastilla i en poca quantitat, una temperatura d'ambient baixa (20 °C) són factors que incrementen el temps de repòs, ja que en tots els casos el llevat treballa més lentament.

No obstant, actualment aquesta fase s'ha suprimit gairebé del tot del procés de panificació, ja que si es deixa fermentar gaire la massa costa després més de dividir-la a

parts iguals en l'etapa següent, on les pesadores-divisores tallen la massa a volums igual sense tenir en compte el pes; raó per la qual la part final de la massa haurà tingut més temps per fermentar i estarà més inflada, és a dir, pesarà menys per a un mateix volum. A més a més, el gluten es tornarà més tenaç i costarà més de treballar la massa a l'hora de formar-la. Només s'acostuma a fer aquest repòs en processos artesanals i en els casos que la massa ho exigeixi, ja que en els industrialitzats, això suposa un temps afegit al procés global.



A la dreta, massa tenaç que no necessita repòs en bloc, mentre que a l'esquerra, la massa és més extensible i necessita aquest repòs.

3.3 PESADA I DIVISIÓ

Tal i com s'ha descrit breument abans, aquesta etapa del procés consisteix en tallar la massa en peces del mateix pes. Actualment, aquest procés està mecanitzat en molts obradors, de tal manera que un aparell anomenat pesadora-divisora, a on s'hi col·loca la massa, s'encarrega d'anar-la tallant a parts regulars i aquestes van caient sobre una cinta transportadora. Es distingeixen principalment dos tipus de divisores:

- Divisores de pistó, que omplen una cambra amb la massa i en retiren la part sobrat amb la qual s'omplirà la cambra següent.
- Divisores d'extrusió, que empenyen la massa a través d'un orifici a una velocitat determinada (com si fos un gran embut) i tallant-la a intervals regulars de temps a mesura que va sortint (vegeu la fotografia).



A l'esquerra, la pastadora s'aixeca automàticament i aboca la massa a l'embut de la pesadora-divisora. A la dreta, vist des de l'altra banda de la pesadora, s'observa la sortida de la peça tallada i impulsada a certa velocitat per un carril.

3.4 FUNYIT

En el cas que la massa s'hagi deixat reposar en bloc o hagi estat dividida manualment, la fase del funyit es pot suprimir i passar directament al format. En cas contrari, en el funyit es treballarà la massa per donar-li forma esfèrica, amb la finalitat de corregir una manca de tenacitat de la massa originada per l'acció mecànica de la divisora, tot fent que el gluten es reorganitzi i optimitzi la retenció gasosa (és a dir, la quantitat de gas procedent de la fermentació que ja s'està produint). De cara al format mecanitzat, el funyit fa que la massa presenti una uniformitat física, amb la qual cosa facilita la tasca de la maquinària que la formarà.

Tot i així, un funyit excessiu dóna massa nervi (tenacitat) a la massa i costarà de treballar (quan s'hagi d'estirar) o bé la desgasificarà, donant lloc a una molla molt compacta que es desenvoluparà poc al forn.

En el funyit mecanitzat, les màquines més senzilles o les estàndard són les fenyedores còniques, que funcionen amb dues superfícies col·locades en forma de "V" entre les quals passa la peça. De vegades, no es necessita una maquinària específica, de manera que aquesta etapa es pot dur a terme amb un canal esbiaixat que arrodoneix la peça, com en la fotografia.



A l'esquerra, la peça a l'inici del carril del funyit i a la dreta, quan s'acaba i ja és esfèrica.

3.5 REPÒS EN PECES

Un cop la massa està funyida, s'acostuma a deixar reposar entre unes 5 i 15 minuts per tal que es relaxi, és a dir, perdi la rigidesa i tenacitat aconseguida i guanyi elasticitat, la qual permetrà formar-la millor. En el cas de no haver funyit la massa, el repòs es pot fer igualment, ja que sempre que aquesta està sotmesa a una acció mecànica com la divisió, es contrau i es desgasifica, amb la qual cosa augmenta la seva tenacitat. Així doncs, aquesta fase està indicada sobretot per a masses poc fermentades, obradors i masses a baixes temperatures i poca quantitat. També es pot parlar d'una primera fermentació, ja que el llevat comença a produir força quantitat d'anhidric carboni. Aquesta etapa es considera necessària per aquells pans d'estructura alveolar oberta, és



a dir, que tinguin al·lèols grans i irregulars i de molla esponjosa, com el cas de la baguette francesa.



Tanmateix, cal tenir present que les baixes temperatures i l'escassa humitat provoquen un escurçament de la massa que repercuteix en el volum final del pa; en canvi, quan les temperatures i el grau d'humitat són elevats, la massa es torna enganxosa i costarà de treballar-la. Per dur a terme aquest procés, els obradors disposen d'unes "fermentadores de butxaques" on les peces es dipositen en unes cavitats en forma de bosses mòbils que les transporten a través d'una cinta per un recorregut més o menys llarg com mostren ambdues fotografies.

3.6 FORMAT

En aquesta etapa es dóna forma a la massa convertint la peça esfèrica en una de més o menys allargada abans que es produeixi la segona i més llarga fermentació. La forma donada no variarà gaire respecte la que tindrà el producte final. Tal i com s'ha vist en d'altres etapes del procés, el format es pot fer manualment o amb formadores (màquines especialitzades), però en ambdós casos només es farà referència al mètode seguit per formats allargats i cilíndrics de la baguette o la barra i es deixaran de banda els pans rodons o els llonguets.

Per formar la peça se segueixen una sèrie de passos que, de fet, són semblants en el procés manual i en el mecanitzat, raó per la qual s'explicaran simultàniament. A gran trets, són els següents:

- 1- preparació de la pasta: la massa funyida s'allarga horitzontalment i s'aixafa lleugerament amb les puntes dels dits per uniformar-lo. En el procés mecànic i automatitzat, aquesta fase s'anomena "acció del laminat", on la peça passa per un o diversos parells de rodets consecutius per aconseguir l'aspecte descrit anteriorment (fotografia 1).
- 2- Plec: tot seguit es plega la part superior de la pasta fins a la meitat i s'enrotlla suaument amb els dits de dalt a baix fins a formar una espècie de "braç de gitano", però mai deixant gens d'aire entre les capes. L'enrotllament mecànic es fa mitjançant 2 cintes de malla: una de fixa situada a sobre i una de mòbil sota, la que transporta les peces. La part davantera i superior de la massa s'adhereix a la malla situada just a sobre i a mesura que la resta de la massa és arrossegada cap endavant, la part davantera es comença a cargolar cap enrere i així successivament al llarg de tota la pasta (fotografies 2 i 3).



- 3- Allargament: la darrera fase consisteix en fer rodar la massa sota la pressió de les mans, les quals es van separant cap als extrems de la peça per allargar-la (foto 4)

D'aquesta manera i un cop formada, la massa haurà adquirit més extensibilitat. El fet que la massa, un cop estirada en forma de pasta, es plegui i quedi compacta és possible gràcies a l'elasticitat de la massa que tendeix a encongir-la, i per tant, retornar a la forma anterior a la pasta. El procés mecànic es duu a terme mitjançant tapisos o malles que es mouen en sentits contraris i a velocitats diferents i que aixafen la massa tal com es faria manualment.



A dalt, seqüència d'un format manual d'una barra. A sota a l'esquerra, les peces cauen des de dalt cap a la formadora i surten en forma de barra pel davant. A la dreta, tapisos i malles que constitueixen la formadora.

3.7 FERMENTACIÓ

En primer lloc, convé fer una clara distinció entre els dos significats o usos que pot tenir aquest terme. Per una banda, s'anomena fermentació panària a la transformació de sucres en gas carbònic i alcohol etílic (i també altres àcids) duta a terme per llevats del gènere *Sccharomyces Cerevisiae* i per altres bacteris fermentatius, bàsicament làctics i acètics. Per l'altra, en el llenguatge dels forners, el terme fermentació correspon a una etapa del procés de panificació que s'inicia just després del format de les peces i s'acaba en el moment que aquestes entren al forn. Així doncs, en l'etapa de la fermentació hi té lloc la reacció de fermentació, tot i que aquesta s'inicia tan bon punt s'incorpora el llevat a la pastada. Ara bé, la fase de la fermentació es fa amb l'única finalitat de fer fermentar la massa i per aquest motiu, se solapen els dos significats en qüestió.

CANVIS QUÍMICS

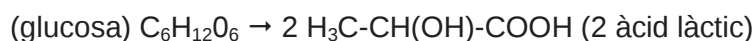
Una vegada el llevat ha consumit l'oxigen captat durant la pastada (el qual ha creat l'espai dels alvèols que després serà reemplaçat per anhídrid carboni) mitjançant reaccions aeròbiques, comença la descomposició dels sucres simples propis de la farina per part llevat. En primer lloc, es consumeixen els sucres senzills (glucosa i fructosa) i a continuació, els sucres més complexos com els disacàrids sacarosa i maltosa. La primera se separa en glucosa i fructosa mitjançant l'enzim invertasa, mentre que la segona dóna lloc a 2 cadenes de glucosa gràcies a l'enzim maltasa.

En darrer lloc, els enzims α i β amilases ataquen el midó (és una reacció lenta que comença un cop molta la farina), format per dues cadenes de milers de glucoses (l'amilosa i l'amilopectina). Els enzims α s'encarreguen de trencar aquestes cadenes i obtenir-ne maltosa (que posteriorment serà transformada en 2 glucoses) i dextrines

(unitats de 6 o 7 glucoses resultants de la descomposició de les cadenes d'amilopectina ramificades). Les β amilases, en canvi, descomponen les dextrines i els extrems de les cadenes ramificades d'amilopectina en maltoses. A continuació, té lloc la fermentació alcohòlica que simplificada dóna alcohol etílic i diòxid de carboni a partir de glucosa. Els dos productes resultants queden, en un primer instant, dissolts en aigua, que aviat se satura de gas carbònic i aleshores aquest passa a ocupar els alvèols (forats característics de la molla) i per la pressió que hi exerceixen i el gluten que el reté, fa créixer la massa. De fet, un 90% de tots els glúcids esmentats són gastats per la fermentació alcohòlica, i la resta que intervenen ho fan en d'altres reaccions agrupades sota el nom de fermentacions secundàries.

Es tracta d'una sèrie de reaccions paral·leles a les produïdes per *Sccharomyces Cerevisiae*, de les quals en són responsables altres bacteris, molt abundants en el llevat de massa mare. A continuació, s'exposen les principals:

Fermentació làctica: La temperatura òptima d'aquesta fermentació és de 35 °C, però la temperatura de fermentació de la massa acostuma a ser més baixa (explicada més endavant), raó per la qual es produeix molt lentament. Requereix també un pH més àcid del que té la massa (entre 5,8-6,2), però arribar a aquest extrem comporta una maduració excessiva de la massa (vegeu apartat següent).



Fermentació butírica: com a conseqüència de la fermentació, l'àcid làctic pot ser convertit en butíric per mitjà d'un altre tipus de bacteris. Tanmateix, aquesta reacció es dóna a 50°C, de manera que passa gairebé desapercebuda.



Fermentació acètica: En aquesta reacció, els bacteris *Mycoderma Aceti* transformen l'alcohol etílic en àcid acètic el qual contribueix a augmentar l'acidesa de la massa. A diferència dels altres dos tipus de bacteris, aquests requereixen la presència d'oxigen.



Tots aquests àcids resultants juntament amb d'altres substàncies (tant àcids com alcohols, aldehids o cetones) s'encarreguen de proporcionar una aroma i un gust particulars i més intensa, de manera que és un altre factor indicador de la qualitat del pa. De fet, aquests s'obtenen en major quantitat en fermentacions llargues i amb l'ús del llevat de massa mare, precisament al contrari dels processos industrialitzats.

CANVIS FÍSICS EN LA MASSA:

Maduració de la massa, la qual queda reflectida en les característiques del gluten. Durant la fermentació, aquest guanya elasticitat i perd extensibilitat, de manera que pot augmentar de volum i retenir tot el gas que es va formant al seu interior.

Augment de la temperatura de la massa: El llevat desprèn calor en les seves reaccions i provoca un increment de la temperatura de la massa que, al seu torn, fa que el llevat encara treballi més ràpidament. Ara bé, es tracta 1 o 2°C en un període de fermentació de 3 o 4h a 25°C i el 75% d'humitat.

FACTORS QUE INFLUEIXEN EN LA VELOCITAT DE FERMENTACIÓ

Tant la temperatura i la humitat ambiental són fàcilment controlables en cambres de fermentació (vegeu apartat cambres de fermentació), però també hi té una gran influència el grau d'acidesa de la massa, el qual és difícilment controlable. Per últim, s'hi troba la quantitat de midó fet malbé, l'activitat enzimàtica i l'índex de maltosa, però tots aquests vénen determinats pel tipus i característiques de la farina emprada; a més quantitat de qualsevol d'ells, més aliment disponible pel llevat i, per tant, més ràpida és la fermentació.

Acidesa: el pH òptim està al voltant de 5. Tanmateix, a mesura que transcorren les hores, la massa es torna més àcida (en 3h pot passar de 6,2 a 5,7), fruit de les fermentacions secundàries i sobretot de l'àcid làctic, fet que alenteix la fermentació. En canvi, quan el pH està al voltant de 6 es produeix una quantitat excessiva d'alcohol, diòxid de carboni i àcid acètic. La disminució de pH de la massa també comporta més tenacitat i elasticitat en el gluten. Així doncs, les masses joves són aquelles que han tingut una fermentació escassa i que, per tant, són menys àcides del que és habitual. En canvi, la massa mare, que pot portar dies fermentant, és molt àcida (4 de pH).

Temperatura: com a regla general, es pot dir que l'activitat del llevat augmenta amb la temperatura. Ara bé, a partir dels 40°C, l'activitat es redueix i queda destruïda als 55°C (temperatura que la massa assoleix fàcilment al forn). Així doncs, es recomana no sobrepassar els 30°C i escollir la temperatura en funció del temps que es vulgui deixar fermentar la massa (a menor temps, major temperatura). Malgrat tot, un pa fermentat ràpidament és menys gustós, s'endureix ràpidament i la molla és d'un color pàl·lid. Per contra, el pa de llarga fermentació (això no implica que tingui més fermentació, sinó que la fermentació ha estat més lenta) és més humit, amb molta aroma i de molla acolorida. Si s'abaixa la temperatura fins als 2°C, el procés de fermentació queda pràcticament aturat.

Humitat relativa de l'ambient: es refereix a la quantitat de vapor d'aigua present a l'ambient i s'expressa en percentatge respecte a la quantitat total d'aire. Una humitat del 100% és la màxima concentració de vapor d'aigua que admet un determinat volum a unes determinades condicions de pressió i temperatura. El vapor adequat per a la fermentació oscil·la entre el 70 i el 85 %, ja que un vapor inferior assecaria la massa i li faria agafar crosta abans d'entrar al forn i per tant, no pujaria (augmentaria de volum) durant la cocció.



A l'esquerra, barres per fermentar que ja han fet una mica de pell i a la dreta, les barres ja fermentades.

La velocitat de fermentació que fàcilment es pot controlar dependrà del tipus de massa emprada. Per una banda, les masses fetes a partir de farines fluïxes, llevat en pastilla, amb poc repòs i que se segueixen processos més o menys automatitzats, requereixen una fermentació curta, ja que aquestes masses no poden suportar fermentacions gaire llargues. Per l'altra, les masses elaborades amb farines de més força, que generalment contenen llevat de massa mare (el qual treballa més lentament), que segueixen processos artesanals i tenen abundants períodes de repòs, necessiten fermentacions llargues, en les quals es generaran totes les aromes característiques del pa (fruit de les fermentacions secundàries) i el midó podrà fixar més quantitat d'aigua i, per tant, es conservarà més temps.

CAMBRES DE FERMENTACIÓ

Per tal de controlar la humitat i la temperatura en tot moment de la fermentació, les peces de massa es col·loquen en llaunes microperforades (que deixen traspassar la humitat) a l'interior de cambres hermètiques que permeten regular la seva temperatura i humitat interiors i mantenir-les constants durant tot el procés (les més senzilles són les de les fotografies). Actualment, existeixen cambres de fermentació automàtiques, on els carros plens de llaunes de massa entren i viatgen per un circuit de la cambra i a l'hora desitjada surten.



FERMENTACIÓ CONTROLADA

Per a aquesta etapa del procés, han sorgit noves tècniques que apliquen el fred per controlar la velocitat de fermentació de les masses, sobretot en les produccions a gran escala. La més coneguda és la fermentació controlada, formada per un sistema de nevera i cambra de fermentació que varien la temperatura gradualment de tal manera que el pa estigui fermentat a l'hora desitjada. Generalment, es tracta d'un procés automatitzat que segueix les fases següents:

FASES	temperatura	Humitat	Durada
1. prerefredament	-5°C	80%	2h
2. blocatge o repòs	0-2°C	80%	-(el necessari)
3. climatització	5-10°C	80%	3h
4. fermentació	16-24°C	85%	3-4h
5. aguantar la ferm.	12-17°C	80%	12-17h

Una altra opció consisteix en congelar la massa a una temperatura de -18°C fins que convingui. S'aconsella que aquesta encara no hagi fermentat, ja que es més estable i fàcil de controlar el llevat quan encara pràcticament no ha començat a treballar. En darrer lloc, es poden utilitzar neveres industrials que mantinguin les masses ja fermentades durant unes hores a uns 10-12 °C per evitar una fermentació excessiva.

Tot i suposar una millora considerable, aquestes dues tècniques que empren el fred també tenen certs inconvenients de cara a la qualitat del producte final, com ara:

- Escurçament del pa per falta d'humitat o excessiu moviment d'aire a l'interior de la cambra, el qual provoca un assecament de la paret exterior del pa. Aquest forma una crosta prematura que li impedeix fermentar correctament i expandir-se durant la cocció. Tal escurçament serà més accentuat com més temps romanguí a la cambra.
- Fissures o esquerdes a la part superior de la crosta per diferències de temperatura entre l'interior i l'exterior de la peça quan entra al forn, ja que la molla (encara congelada) seguirà fermentant quan es descongeli, mentre que la crosta ja farà estona que s'haurà format i conseqüentment, s'esquerdarà per la inflació interior.

Finalment, es recomana, de manera general, augmentar la dosi de llevat un 10% respecte a la inicial, ja que part d'aquests microorganismes moren pel fred, i convé fer-ho especialment en aquelles masses refredades abans de fermentar-les.

3.8 TALLS

Un cop la massa ja ha estat suficientment fermentada, es procedeix a fer-li uns talls sobre la part superior i tot seguit es fica al forn. A causa de la pujada de volum que experimenta la massa a l'inici de la cocció, aquestes incisions s'obren i deixen al descobert l'alveolat intern, cosa que produeix un efecte estèticament molt vistós que rep el nom de grenyat i dóna al pa la sensació de ser més cruixent.

Ara bé, aquests talls no es fan en tots els pans ni de la mateixa manera. En el cas del pa francès o el pa comú, els talls segueixen el sentit longitudinal de la peça i són lleugerament esbiaixats, no completament perpendiculars a la superfície i més aviat superficials. Quan aquestes incisions són profundes el pa no grenya tan bé (és a dir, no s'obre gaire per aquestes punts) i quan no se'n fan, com que la zona més dèbil és aleshores la part lateral, el gas carbònic amb la calor del forn hi exerceix pressió, de manera que el pa resultant presenta fissures en aquestes zones i menys volum del que s'esperava.



Les incisions es poden fer tan manualment (força habitual) com automàticament, però en ambdós casos s'empren ganivets o fulles semblants a les d'afaitar.



A dalt, llonguets i a sota, barres de quart amb ja fermentades i amb els talls

3.9 COCCIÓ

La cocció és la fase que conclou el procés de panificació en si mateix i que converteix, finalment, la massa fermentada en pa, mitjançant l'aplicació de calor durant un temps determinat a l'interior d'unes cambres que són els forns.

FENÒMENS QUÍMICS

Formació de la molla:

La part interior de la massa, durant els primers minuts, continua fermentant insensible als canvis de temperatura que es produeixen a la part externa. A mesura que comença a absorbir la calor, és a dir, augmenta la temperatura, l'activitat enzimàtica també incrementa, tot produint-se una gran quantitat de monosacàrids. La seva activitat màxima es dona entre els 60 -70°C i a partir dels 80°C, es destrueixen (sobretot, les amilases, responsables de la hidròlisi del midó en monosacàrids). La temperatura de la molla seguirà pujant fins als 100°C on s'atura (temperatura d'ebullició de l'aigua), independentment de la temperatura del forn (que arriba a superar els 200°C). El llevat farà que pugui la massa per última vegada abans d'assolir els 55°C de temperatura.

A partir dels 55-60°C, comença a l'interior de la massa un procés anomenat gelatinització del midó. Aquest polímer, que fins ara havia estat més o menys dispersat entre les molècules d'aigua, començarà a absorbir tota l'aigua disponible o lliure (és a dir, a solubilitzar-se) de la massa i fins i tot les proteïnes en cediran una part; tot i que la quantitat d'aigua existent mai no serà suficient per gelatinitzar tot el midó. La capacitat d'absorció del midó dependrà, principalment, de la quantitat de midó fet malbé durant la molla i de l'activitat enzimàtica durant la cocció. La inflació del midó, juntament amb l'expansió del gas carbònic a causa de les altes temperatures, configuraran l'alveolat de la molla. Per últim, quan la massa assoleixi una temperatura d'uns 85°C, el midó passarà definitivament de l'estat semi-líquid propi de la massa al sòlid de la molla.

Formació de la crosta:

Durant els primers minuts d'entrar al forn, el vapor d'aigua que hi ha es condensa al voltant de la massa (perquè aquesta encara no ha assolit la temperatura del forn), de manera que el midó extern forma una pasta que gelatinitza, genera dextrines i finalment, es caramel·litza per donar color i brillantor al pa. Aquest fenomen es produeix quan se supera la temperatura de fusió dels sucres i consisteix en el trencament i una complicada reorganització d'aquests que donen lloc a compostos de color intens. Ara bé, la dextrinació i la caramel·lització no es produeixen fins als 120°C i els 140°C respectivament, ja que abans es tenen lloc altres fenòmens. Per una banda, quan les proteïnes més externes superen temperatures de 70°C comencen a coagular-se o desnaturalitzar-se, és a dir, perdran la seva estructura terciària i quaternària i no seran capaces de retenir tanta humitat. Per l'altra, quan la massa comença a acostar-se a la temperatura d'ebullició de l'aigua (100°C), aquesta condensació anteriorment produïda s'inverteix, i ara és l'aigua de la part més externa que comença a evaporar-se i després la part interna cedeix també humitat cap a fora. La temperatura de la crosta seguirà

augment, tornant-se més dura i seca i alhora cruixent fins arribar als 220°C (és a dir, la temperatura del forn) i una humitat al voltant del 5%. Per a la formació d'una crosta cruixent cal una bona coagulació del gluten de la massa (comença als 65°C) i un gruix suficient en la pasta de midó formada, que augmentarà com més llarga sigui la cocció. Així doncs, la pèrdua d'aigua, la coagulació del gluten i la dextrinació del midó faran agafar a la massa plàstica l'estructura rígida de la crosta.

Color i aroma del pa:

Tal i com s'ha vist abans, al voltant dels 120°C comença la dextrinació del midó (producció de dextrines a partir del polímer de midó mitjançant els enzims amilàsics), que proporciona un color pàl·lid esgroguissat a la massa. A continuació, s'inicia la caramel·lització (150°C), donant ja el color bronzejat marronós i brillant definitiu a la crosta. Pel que fa l'aroma, quan la temperatura de la crosta supera els 150°C, comencen un seguit de reaccions anomenades reaccions de Maillard entre sucres i aminoàcids que desprenen tot un conjunt de productes volàtils, juntament amb l'expulsió d'altres substàncies aromàtiques ja presents a la massa i fruit de fermentacions llargues i lentes, amb punts d'ebullició inferiors a 100°C, com els alcohols, àcids, aldehids etc.

Augment de volum:

Amb l'augment inicial de temperatura i tal i com ja s'ha mencionat anteriorment, l'activitat enzimàtica i del llevat (que moren als 45-55°C) s'acceleren, ja que els enzims amilàsics produeixen més dextrines i monosacàrids i el complex zimasa els degrada més ràpidament, produint més gas, amb la qual cosa té lloc la última fermentació de la massa. A més, cal tenir en compte que, a causa de les altes temperatures, el gas es dilata i exerceix més pressió sobre les parts alveolars i tot plegat es tradueix en un augment de volum que assoleix el seu punt màxim passats els primers 5-10 minuts de la cocció (quan la temperatura interna de la massa és d'uns 30°C). Com més elàstica sigui la massa, més creixerà el pa i més esponjosa serà la molla. A l'hora d'expandir-se, la massa s'obrirà pels talls fets prèviament, tot deixant al descobert una part de l'alveolat que dona lloc a la grenya. Per tal que el grenyat sigui el màxim possible, convé introduir la massa al forn quan la fermentació no ha estat del tot completada, en altres paraules, que encara hi hagin sucres per transformar.

De vegades es parla sobre el desinflatament o enfonsament del pa quan entra al forn, és a dir, la massa que ja ha pujat molt de volum, en comptes de mantenir-lo, cau i perd tota l'estructura assolida durant la cocció. D'aquest fenomen en són responsables l'excés de fermentació, la falta de proteïnes de la farina, la falta de tenacitat de la massa, entre d'altres.

IMPORTÀNCIA DEL VAPOR EN EL FORN:

Molt sovint, la quantitat de vapor que hi ha al forn inicialment no és suficient perquè el pa desenvolupi una crosta fina, brillant i cruixent. Per aquest motiu, els forns actuals injecten vapor just després de l'entrada de la massa al forn i es pot repetir el procés diverses vegades. L'objectiu principal consisteix en humitejar la crosta i refredar-la per tal de

retardar el seu assecament o deshidratació i de fer augmentar la temperatura progressivament. D'aquesta manera, també es retarda la formació de la crosta rígida i es dóna temps al llevat per produir un impuls o pujada final de la massa que podrà aconseguir el volum màxim. Per altra banda, l'alta humitat del forn durant tota la cocció disminueix la pèrdua d'humitat i en conseqüència, la pèrdua de pes del pa.

El pa amb un defecte de vapor acostuma a tenir una crosta gruixuda, mat (sense brillantor), de volum inferior i això no és especialment apetitós en les barres o baguettes. Quan es cou en una atmosfera saturada de vapor cal augmentar lleugerament el temps i al temperatura de cocció.

INFLUÈNCIA DEL TEMPS I LA TEMPERATURA DE COCCIÓ:

A nivell general, es tracta de dos factors inversament proporcionals; per a un mateix grau de cocció, a més temperatura, menys temps. Ara bé, per a un bon desenvolupament del pa, s'aconsella augmentar la temperatura de cocció durant els primers minuts per a una bona formació de la crosta i un augment de volum, i a continuació, disminuir-la lleugerament perquè la molla es formi correctament sense obtenir una crosta excessivament acolorida. Tot i així, convé apujar la temperatura del forn i disminuir-ne la durada quan es couen peces de petit format o bé llargues i molt estretes (perquè no quedin massa seques, ja que tenen poca molla) i amb masses massa fermentades per tal d'aturar la fermentació tan aviat com sigui possible perquè no es produeixi un enfonsament de la massa indesitjat o bé que la crosta quedi esquerpada un cop refredada (vegeu capítol defectes del pa). En cas contrari, la temperatura cal que sigui inferior en pans rústics (de crosta gruixuda i molla compacta), en pans grans i rodons i en general, en pans amb alta activitat enzimàtica (ocasionada per l'addició de millorants), que contenen extracte de malta, greixos, sucres.. ja que tots ells contribueixen a acolorir la crosta, tot i que l'interior de la crosta encara romangui cru.

TIPUS DE FORNS:

La calor es transmet a la massa tant per conducció (contacte directe amb la font de calor) entre les superfícies del forn i la massa, per convecció (moviment de les partícules d'aire que es van escalfant) com per radiació (emissió d'energia calorífica en forma de radiació que es propaga). Només s'abordaran els 2 tipus més emprats als obradors de capacitat petita i mitjana:

Forns de carros rotatoris i forns de plataforma fixa: les safates de masses fermentades s'hi introdueixen en carros manualment. La cambra de combustió (que funciona amb gasoil o gas) està situada en un compartiment inferior de la cambra de cocció (escalfament indirecte). El terra (solera) de la cambra de cocció està fet de pedra refractària, la qual manté l'escalfor durant molta



estona i és escalfada per conducció de la cambra de sota. En canvi, transmet la calor per convecció de l'aire i radiació. Tots ells estan dotats d'un sistema d'injecció de vapor i poden ser fixos o giratoris (en aquest cas, la plataforma que aguanta el carro dóna voltes sobre si mateixa, de manera que s'eviten zones més calentes que d'altres). A la fotografia, el mateix forn de carros rotatoris, a l'esquerra apagat i a la dreta amb el pa cuit

Forn de tubs anulars: són els més utilitzats actualment, ja que tenen més capacitat relativa que els anteriors. Estan constituïts per tres o quatre cambres de cocció, una damunt de l'altra, i un cremador situat a la part inferior que funciona amb gasoil o gas. Un sistema de tubs d'aigua envolta les cambres, fetes de pedra refractària, de tal manera que quan aquesta aigua és escalfada i convertida en vapor, puja i a mesura que passa per les parets de les cambres per conducció escalfa la pedra i aquesta per conducció i convecció de l'aire cou la massa (vegeu fotografia).



PRECOCCIÓ:

Per precocció s'entén aquell mètode d'elaboració del pa que implica un enfornat o cocció en dos temps o etapes. Es tracta, igual que la fermentació controlada i congelació de masses en altres punts del procés, d'un nou avenç tecnològic que, com els anteriors, aplica el fred per atura el procés de panificació en alguna de les seves etapes. En aquest cas, la massa es cou fins que assoleix l'estructura del producte final i sense deixar temps perquè s'acolorixi la crosta, però sí perquè es formi una primera crosta molt fina. A continuació, es deixen refredar i es conserven en fred fins que s'acaben de coure en el moment convenient (es poden transportar fins al punt de venda i ser cuites allà), formant-se la crosta acolorida i desprenent-se les aromes característiques del pa recent cuit.

Com que el pa precuit presenta un alt grau d'humitat i per tant és més vulnerable a l'aparició de floridures, s'acostuma a congelar a uns -18 °C fins a un màxim de 3 mesos o bé es conserva en neveres industrials, on té una vida útil màxima de 48 hores. Els problemes principals amb quals s'ha d'enfrontar aquest pa són: poc volum (no creix tant al forn), envelliment ràpid (poca conservació a causa d'una pèrdua major d'aigua que experimenta en dues coccions successives) i tendència al esquarterament (vegeu capítol defectes del pa).

Tot i que la precocció pugui repercutir en les característiques finals del pa, suposa també una millora de cara als punts de venda, que ja no requereixen obrador proper, i poden oferir pa calent en qualsevol moment del dia.

3.10 REFREDAMENT

Es considera realment l'última etapa del procés de panificació i comprèn el període de temps que va des que el pa surt del forn fins que arriba a mans del consumidor. Durant aquesta estona (mínim un quart d'hora), el pa perd la temperatura assolida al forn i és una fase clau per a una futura bona conservació del pa. Així doncs, el pa pateix diversos fenòmens físics que s'exposen a continuació:

- La migració d'aigua (des de l'interior cap a la crosta, que la reté i l'estova lleugerament). Aquest fenomen serà més acusat com més sec sigui l'ambient on es troba el pa, per tal d'igualar les condicions de pressió i humitat del pa amb les del medi on es troba.
- Despreniment d'alcohol i altres substàncies volàtils que ja s'havia iniciat al forn i es perceben de seguida com a senyal de pa recent cuit, constituint un reclam per als consumidors.
- Disminució de la temperatura del pa fins a igualar-se amb la de l'ambient mitjançant l'evaporació de l'aigua i la convecció del l'aire que està en contacte amb la superfície del pa. A causa d'aquest fet, quan l'aigua s'escapa a través de la crosta tan bon punt surt del forn hom pot sentir-la cruixir sorollosament.

El temps d'aquesta fase varia en funció del format i característiques de la peça (un pa rodó tardarà més que una barra allargada), així com també de les condicions ambientals exteriors. Per a un bon refredament, s'aconsella mantenir les barres en reixes metàl·liques microperforades (les mateixes on s'ha cuit) en un lloc fresc i airejat.

4. ELS MILLORANTS

S'entén per millorant un conjunt de substàncies i productes que s'afegeixen a la massa, que no són imprescindibles, però ajuden a millorar les qualitats dels ingredients, de la massa i del pa resultant (corregixen defectes de la farina, milloren l'aroma, la textura, l'aspecte, acceleren el procés de maduració, realcen el valor nutritiu) o bé faciliten la feina del forn i proporcionen regularitat a la producció. Actualment, els nous processos tecnològics a què se sotmet el pa poden debilitar-lo i per tant, els millorants s'empren per minimitzar aquests problemes. Ara bé, una dosi excessivament alta fa perdre al pa les seves característiques, sobretot pel que fa a l'aroma i el gust, o malmet la massa.

Així doncs, un millorant és una mescla de diverses substàncies que arriba ja preparada al forn i en la majoria dels casos, conté una base d'àcid ascòrbic (E-300), DATA (E-472e) i α -amilases i una sèrie de substàncies variables en funció del pa que es desitgi obtenir. El millorant, sempre i quan no s'indiqui el contrari, s'afegirà a la pastada alhora amb l'aigua i la farina.

L'ús dels millorants en la qualitat del pa:

Els millorants no són sinònims de qualitat, sinó que de fet, pretenen millorar les qualitats del producte sempre i quan se'n faci un ús adequat. Tampoc són imprescindibles per obtenir un pa de qualitat, tal i com es fa en els processos exclusivament artesanals; només es tracta d'un ajut, especialment per a mitjanes i grans produccions on els processos són semi o totalment automatitzats. Així doncs, un pa de baixa qualitat no està directament relacionat amb l'abús dels millorants, sinó amb un cúmul de factors on aquests poden ser un d'ells.

Legislació:

Actualment, les substàncies que componen els millorants estan regulats per la *Reglamentación Técnico Sanitaria* (RTS). A l'article 16 hi apareixen classificats en tres grans grups per al pa comú:

- els coadjuvants panaris: inclouen aquells ingredients amb valor nutritiu que s'afegeixen al pa comú, com la farina de malta, l'extracte de malta, els greixos o els sucres i altres substàncies esmentades al grup següent, la quantitat dels quals està regulada per la RTS.
- els additius: definits a nivell general com aquella substància que no té valor nutritiu per si sola, però que s'afegeix voluntàriament als aliments en quantitats ínfimes amb la finalitat de millorar les seves qualitats. Els additius estan denominats amb la lletra E seguida d'un nombre vàlid per a tota la Unió Europea. Aquesta s'encarrega d'autoritzar-lo i determinar-ne la dosi màxima. Segons la RTS, s'hi comprèn: els emulgents, els reguladors de pH i els antiaglomerants. Ara bé, alguns d'ells, els quals es consideren molt freqüents a panificació, han passat al grup de coadjuvants panaris, com són l'àcid ascòrbic (E-300), l'ortofosfat monocàlcic (E-341i) i l'ortofosfat dicàlcic (E-341ii) (el primer és un oxidant i els dos últims, conservants).

- els coadjuvants tecnològics (o de fermentació): En aquest grup, no està determinada una dosi màxima, però sí que estan autoritzats per la RTS. Tot i que s'hi troben substàncies que faciliten el desemmotllament de les peces, cal ressaltar sobretot els enzims com les proteases (els enzims α -amilases són presents en grans quantitats en la farina de malta que pertany al primer grup).

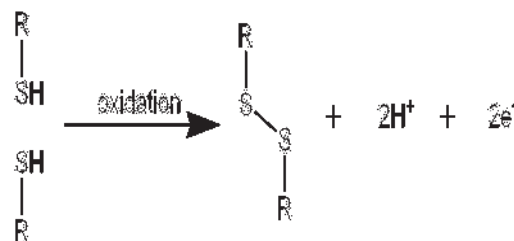
Per als pans especials, s'autoritzen, a més, altres ingredients amb valor nutritiu com poden ser els ous, la llet, el gluten i additius com espessants i gelificants.

4.1 CLASSIFICACIÓ

En aquest apartat s'explicaran les substàncies que componen generalment els millorants per a panificació (coadjuvants i additius), classificats segons la seva funció.

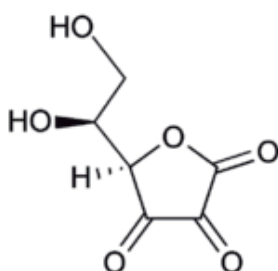
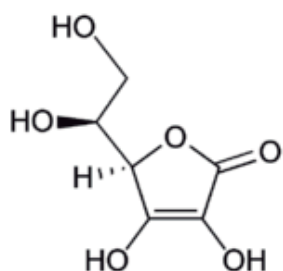
Oxidants:

Durant la pastada té lloc el procés d'oxidació, que consisteix bàsicament en la formació d'enllaços disulfúrics entre els radicals dels aminoàcids de les proteïnes gràcies a l'oxigen o una altra substància oxidant. Per tant, els oxidants contribueixen a la formació d'aquests enllaços que enforteixen la xarxa glutinosa.



Cisteïna + cisteïna → cistina

Un dels més emprats actualment (fins al punt de considerar-se'l un coadjuvant de panificació o panari) és l'àcid L-ascòrbic o vitamina C (E-300) que, en realitat, és una substància reductora. L'acció oxidant apareix durant la pastada, ja que l'àcid ascòrbic incorpora oxigen i es transforma en àcid deshidroascòrbic. A partir d'aquí, aquest àcid nou, que es troba en una forma més oxidada que abans (ja que ha perdut els grups hidrogen tal com es mostra en la figura) es quedarà amb els hidrògens dels radicals sulfhidrils de la proteïna, la qual s'oxidarà i l'àcid deshidroascòrbic retornarà de nou a la forma reduïda d'àcid ascòrbic.



A l'esquerra, la fórmula de l'àcid ascòrbic (forma reduïda)

A la dreta, la fórmula de l'àcid deshidroascòrbic (forma oxidada)

Els efectes pràctics d'aquests additius són:

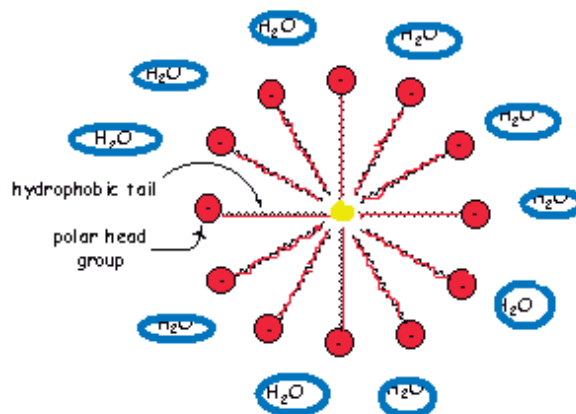
- més volum i alveolat més uniforme, a causa d'una capacitat de retenció gasosa major per l'enfortiment del gluten
- esblanqueïment de la molla

- disminució del temps de repòs de la massa.
- augment de la tenacitat de la massa, fet que es veurà reflectit en la pujada final de la massa al forn.

Tanmateix, si la dosi és molt elevada (la màxima autoritzada) repercuteix en el gust final del pa, el qual perdreu sabor. També es poden utilitzar substàncies reductores com ara la L-cisteïna (E-920) únicament indicada per a farines de força o gran força, ja que, al contrari dels oxidants, aquests últims relaxen la massa i guanya extensibilitat.

Emulgents o emulsionants:

Segons la CEE (comunitat econòmica europea), els emulgents es defineixen com aquelles substàncies que permeten la formació o estabilització de la dispersió de dues o més substàncies immiscibles. Per exemple, en el cas de l'oli i l'aigua, incapaces de formar una dissolució per ser de naturalesa diferent, sí que es pot aconseguir que es formi una dispersió col·loïdal, on la fase dispersa (l'oli) es troba en grups petitíssims en el medi dispersant (l'aigua). Aleshores, els emulsionants (en vermell), compostos per una part polar (com és l'aigua) anomenada hidròfila i una d'apolar o hidròfoba (com és l'oli) es col·loquen entremig de les dues substàncies en dispersió, de manera que la part hidròfila queda orientada cap a l'aigua i la hidròfoba cap a l'oli, formant unes estructures més o menys esfèriques anomenades micel·les, que aïllen les gotes d'oli (en groc) de l'aigua (en blau), com s'observa en la figura.



Gràcies a aquesta propietat que actua sobre els lípids, proteïnes i l'aigua, tot facilitant i reforçant la mescla entre ells, s'obté una massa amb més elasticitat i viscositat, la qual permetrà assolir un volum superior durant la fermentació i alveolat més fi i uniforme. Com a conseqüència de la bona barreja entre els ingredients, es redueix el temps de pastada i incrementa l'absorció d'aigua, així com també la massa es torna més tolerant a l'acció de la maquinària posterior. Per últim, els emulgents actuen sobre el midó retardant el procés d'envelliment del pa (sobretot, la retrogradació del midó vegeu capítol envelliment del pa), de manera que la molla resultant romandrà tova durant més temps.

Actualment, els emulgents es classifiquen en dos grans grups: els d'origen natural, com són les lecitines, i els d'origen químic, els més coneguts dels quals són els DATA i els SSL.

Les lecitines pertanyen al grup de fosfolípids complexos i es troben en quantitats significatives al rovell de l'ou, tot i que els emprats en panificació s'obtenen de l'oli refinat de soja (E-322). La seva acció és més lenta, per tant, requereixen processos de panificació llargs, fermentacions lentes. Produeixen crostes més aviat gruixudes i denses i no suposen una pèrdua de gust ni aroma del pa obtingut. Per aquest motiu, són força

incompatibles amb els processos automatitzats i ràpids actuals i només s'empren en processos artesanals, si és necessari.

Per altra banda, els DATA són l'abreviatura dels èsters d'àcid tartàric diacetilat amb àcids grassos de mono i diglicèrids (E-472e i similars). És un producte sintetitzat al laboratori a partir de glicerina i altres greixos amb una acció molt més ràpida i contundent que les lecitines i idonis per a grans sistemes de producció mecanitzats. A diferència dels anteriors, la crosta resultant és molt més fina i cruixent, però s'obté un pa poc gustós.

Finalment, convé ressaltar un tercer grup que són els mono i diglicèrids d'àcids grassos obtinguts a partir de greixos animals o SSL (E-471). Tenen una funció molt similar als DATA, si bé la base de la seva estructura és la mateixa. Ara bé, destaquen per la seva capacitat d'estovar la molla i retardar-ne en gran mesura l'enduriment, sobretot en el pa de motlle.

Coadjuvants de fermentació

Aquest grup no són considerats pròpiament additius, perquè la mateixa farina en conté i per tant, no són substàncies alienes com els additius. Per això la dosi màxima no està reglamentada i el seu ús és relativament recent. Es tracta bàsicament de diversos enzims que actuen com a catalitzadors de les reaccions químiques que es donen a l'interior de la massa i sobretot, aquelles vinculades a la fermentació. Els més freqüents són aquests:

- Amilases: tal com s'explica al capítol de la farina i la fermentació, les α i β -amilases possibiliten les reaccions d'escissió de les cadenes d'amilosa i les no ramificades d'amilopectina i també de les dextrines. En conseqüència, la quantitat de α -amilases (ja que de β -amilases sempre n'hi ha quantitat suficient) determina la velocitat de les reaccions que converteixen el midó en maltoses. Aquests enzims poden ser principalment d'origen fúngic o d'origen cereal, a través de la incorporació de farina de malta o civada o extracte de malta (presentat en dissolució com a xarop líquid o cristal·lí). Generalment, la farina ja arriba amb aquests enzims incorporats un cop mòlta. El seu efecte s'aprecia amb una crosta més acolorida i brillant, una molla més humida i compacta, que afavoreix la frescor del producte. Durant el procés de panificació, també regulen la velocitat de fermentació i acceleren el creixement del pa durant els primers minuts de cocció (major quantitat de sucres disponibles pel llevat).
- Proteases: aquests enzims no s'utilitzen tant com els anteriors, ja que trenquen les cadenes proteiques tot debilitant el gluten, fet només favorable en farines extremadament fortes que han de guanyar extensibilitat i perdre tenacitat.

Conservants:

La seva funció consisteix en mantenir el pa el màxim de temps possible fora de l'abast dels fongs i altres microorganismes que el deterioreen (pa florit). Tot i així, no és un fenomen gaire freqüent, ja que com més s'asseca el pa, menys vulnerable és a l'aparició de les floridures. Per això, només s'empren en ambients calorosos i humits o en masses

molt humides, així com el pa de motlle (i de vegades el pa precuit) on s'hi afegeix propinat de calci (E-282).

Reguladors de pH:

També anomenats acidificadors de massa, són àcids reguladors de l'acidesa o pH de la massa amb l'objectiu d'evitar el desenvolupament del *Bacillus Mesentericus*, responsable del pa filamentós i de frenar la degradació enzimàtica excessiva per part de les proteases. A més a més, contribueixen a reforçar els enllaços proteics, dotant la massa de més força i tenacitat, com per exemple, l'àcid cítric (E-330) o el fosfat monocàlcic (E-341).

Antiaglomerants:

S'encarreguen d'evitar que els ingredients formin grànuls compactes entre ells, a fi que es barregin correctament absorbint tanta aigua com puguin. El més freqüent, base de molts millorants, és el carbonat càlcic (E-170).

Greixos:

Pertanyen al grup de coadjuvants panaris i per al pa comú, la seva dosi màxima està regulada per llei. Es tracta de glicèrids d'àcids grassos saturats o insaturats com per exemple els olis, les mantegues i les margarines. Les seves funcions en el procés de panificació són molt similars a les dels emulgents, ja que tenen la mateixa estructura química.

5. LA CONSERVACIÓ DEL PA

Els capítols anteriors, han servit per explicar l'origen de totes les característiques organolèptiques del pa comú que serveixen per determinar-ne la seva qualitat. Tanmateix, és en aquest capítol on es desenvolupen amb una major profunditat el tema central de la recerca: la conservació del pa, és a dir, tots els fenòmens que li succeeixen tan bon punt arriba a les mans del consumidor i quins són els paràmetres que ho regulen. Ara bé, per tal de limitar més la cerca, s'han deixat de banda tots aquells defectes o malalties del pa ocasionades per certs microorganismes (floridures, esfilament...) i només es tractaran els fenòmens físics i químics, tenint en compte que encara es desconeixen molts aspectes sobre aquest camp.

5.1 DEFECTES DEL PA

El pa pot presentar sovint una sèrie de defectes (en l'aspecte, textura, gust i aroma) que depenen tant de la qualitat i quantitat de les matèries primeres com del procés en que s'ha dut a terme (temps de repòs, fermentació, temps i temperatura de cocció...). Fins i tot, l'última fase del procés, el refredament i la posterior conservació, poden provocar defectes molt corrents en el pa, els quals es tracten a continuació:

- L'esquarterament, és a dir, quan la crosta s'esquerda durant el refredament per culpa d'unes temperatures molt baixes en l'ambient i corrents d'aire fort. Això provoca que la crosta es torni rígida ràpidament un cop ha sortit del forn abans que la humitat interior hagi sortit a fora i en aquest intent, la crosta rebenta.
- L'espellofat, que seria la conseqüència d'un esquarterament molt accentuat, on la crosta arriba a separar-se de la molla i s'esmicola, ja que és molt fina i fràgil. Normalment, es dona en pans molt voluminosos en relació al seu pes o en el pa congelat.
- Pa gomós o engomat: En el cas contrari, si el pa es deixa refredar en ambients molt humits i no està airejat sinó apilotat amb els altres, no pot evaporar-se l'aigua interior. Aleshores, l'aigua atrapada fa que la crosta deixi de ser cruixent i quedi humida, tova i elàstica i en comptes d'assecar-se i endurir-se amb les hores, es diu que s'engoma (el consumidor nota que se li fa una bola al mastegar-lo que costa de trencar i empassar).

Per evitar aquests problemes es recomana deixar-lo refredar en un ambient fresc i sec. Els dos primers defectes, repercuteixen en l'aspecte extern, mentre que el segon ho fa en la textura i la conservació sobretot a llarg termini.

5.2 ENVELLIMENT DEL PA

Es pot definir conservació del pa com el període de temps durant el qual es mantenen les característiques que el fan apetitós per al consumidor, com ara una crosta cruixent i una molla tova i relativament humida (factors que s'atribueixen a tot producte fresc) i que acaba quan el producte està del tot incommestible. Així doncs, el pa experimenta un envelliment gradual i inevitable, és a dir, una pèrdua de les seves característiques que es detecta a nivell organolèptic, sobretot en quant a gust i textura. Si l'envelliment fa

referència al procés global que pateix el pa, es distingirà (a nivell teòric) entre assecament, produït per la migració d'humitat, i enduriment, causat per la retrogradació del midó, tot i que es donin simultàniament i s'influeixin mútuament.

PÈRDUA D'HUMITAT

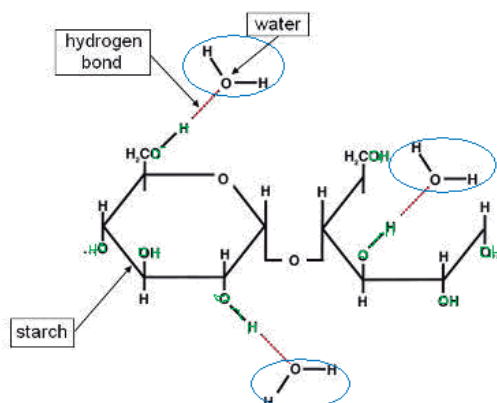
En un principi, s'observa que la humitat del pa té una tendència a igualar-se amb la de l'ambient. Per això, quan el pa surt del forn, la molla té una humitat superior a la de l'ambient, però en canvi, la de la crosta (on la calor del forn ha provocat un assecament major, és a dir, pèrdua d'aigua) és inferior a la de l'ambient. Si l'ambient on el pa es refreda i es conserva no és un ambient excessivament humit (60-70 %), l'aigua de la molla tendirà a evaporar-se gradualment, és a dir, a migrar cap a l'exterior passant prèviament per la crosta. A més a més, al tenir la crosta menys humitat que l'ambient, també absorbirà aigua de l'exterior i la provinent de la molla. És per això que passat mig dia, hom pot notar un estovament considerable de la crosta que deixarà de ser cruixent (índex d'un pa recent cuit).

Com més elevada sigui la temperatura ambiental i menys humitat tingui (és a dir, en ambients secs i calorosos) més fàcilment les molècules d'aigua passaran a l'exterior i en conseqüència, l'assecament del pa serà més ràpid. Els ambients excessivament humits capgiraran el procés de migració de l'aigua i donaran lloc al pa engomat. Així doncs, sembla que la migració d'humitat no es pot evitar canviant dràsticament la temperatura i la humitat, ja que s'obtindrà o bé un pa sec o bé un d'engomat. Ara bé, la migració es pot controlar en bona mesura sabent quines interaccions es donen entre les molècules d'aigua.

QUANTITAT D'AIGUA LLIURE:

L'aigua lliure d'un aliment és un paràmetre que dóna una idea sobre la disponibilitat d'aigua que conté (que no és la mateixa que l'aigua total) i com més petit és, més estable (més durador) és químicament i biològicament l'aliment en qüestió. De fet, és aquella porció de molècules d'aigua no compromeses en unions intermoleculars amb grups carregats i que queden lliures per ser metabolitzats pels bacteris (que poden fer malbé l'aliment) o sobre els quals poden actuar altres agents físics o químics (migració de la humitat). A la pràctica, s'expressa amb el símbol a_w (*water activity*) i es defineix quantitativament com quocient entre la pressió del vapor d'aigua present en l'aliment ("quantitat d'aigua lliure") i la pressió del vapor d'aigua pura a la mateixa temperatura (valor fix). Va des del 0 (absència d'aigua lliure) fins a 1 (aigua destil·lada).

Pel que fa referència al pa, s'hi troba tant aigua lligada com lliure. La primera és aquella que participa en enllaços (generalment per ponts d'hidrogen) amb els radicals hidroxil (-OH) de diverses molècules, ja que tant les molècules d'aigua com aquests radicals són compostos polars. L'exemple més significatiu són les cadenes midó, ja que es troben en una proporció elevada i



absorbeixen bona part de l'aigua, sobretot durant la cocció. Aquests polímers estan formats per monosacàrids que no són res més que polihidroxialdehids. Així doncs, contenen nombrosos grups alcohols que queden lliures (en verd a la figura), i que fàcilment poden interactuar amb les molècules d'aigua (en blau) i lligar-les mitjançant ponts d'hidrogen (en vermell). Aquestes molècules doncs, constitueixen l'aigua d'hidratació, i serà molt difícil que migrin durant la conservació del pa. A la figura, dues unitats de glucosa que formen el midó amb grups alcohol units a molècules d'aigua.

A continuació, apareixen una sèrie de molècules d'aigua unides a aquestes primeres (l'aigua d'hidratació) i per tant, no tan fortament lligades com les anteriors, però sí semi-lligades. En darrer lloc, hi haurien les molècules unides (per ponts d'hidrogen, evidentment) a les semi-lligades i que ja són molècules lliures que fàcilment podran desenganxar-se i sortir a l'exterior. Aquesta aigua es coneix amb el nom d'aigua de sinèresi.

L'aigua també pot estar lligada per les proteïnes i els pentosans, o fins i tot, per la sal, la qual es descompon en ions clorur (Cl^-) i ions sodi (Na^+) a fi de dissoldre-s'hi. Aquests ions exerciran forces electrostàtiques amb les molècules polars d'aigua i per tant, la mantindran unida, tot impedit que migri.

RETROGRADACIÓ DEL MIDÓ

A continuació, s'explica el comportament del midó des del inici del procés de panificació fins a la conservació.

El midó durant la pastada:

Abans que la farina entri en contacte amb l'aigua, el midó es presenta en forma de cadenes orientades més o menys paral·lelament (cal recordar que l'amilopectina és un polímer ramificat i per tant, aquesta estructura no serà del tot perfecta) constituint un forma geomètrica més aviat regular en totes direccions que rep el nom de cristall. Les cadenes de midó queden unides les unes amb les altres mitjançant ponts d'hidrogen entre els radicals hidroxil que queden lliures. Es tracta doncs, d'una estructura suficientment estable com perquè l'aigua no s'hi pugui col·locar entremig. L'única manera de trencar aquests enllaços per pont d'hidrogen seria aportant-hi energia. És per això que l'aigua freda és insoluble però en canvi, no ho és la calenta. Juntament amb l'energia mecànica de la pastada (que es converteix en calorífica fent augmentar lleugerament la temperatura de la massa), les molècules d'aigua són capaces de trencar els enllaços entre cadenes i col·locar-s'hi entremig, tot formant aigua lligada. Les molècules de midó perdran part de l'estructura cristal·lina inicial per poder incorporar aquestes molècules.

Altres compostos com les proteïnes hidrosolubles, els pentosans, les sals minerals etc. també absorbeixen aigua (o es dissolen en aigua). Finalment, una part de l'aigua no queda absorbida per cap d'ells i roman entremig de la massa proporcionant-li aquesta viscositat.

Gelatinització/gelificació del midó:

Durant la resta del procés es continua fixant gradualment l'aigua en la massa, però no serà fins a la cocció quan aquesta experimenti el canvi més gran. Per una banda, les proteïnes es desnaturalitzaran, i al fer-ho, perdran part de l'aigua retinguda. Aquesta aigua, juntament amb aquella que no havia quedat lligada a compost, serà absorbida pel midó. Gràcies a les altes temperatures assolides, les cadenes comencen a augmentar el seu moviment relatiu i a sobreposar-se les unes amb les altres, passant de ser un sòlid rígid a un sòlid amorf o un líquid viscos. Aquest canvi en l'estructura permetrà crear nous espais en els qual podran ficar-se les molècules d'aigua que abans no estaven unides a cap compost de tal manera que el midó formarà una dispersió on l'aigua hi queda dispersada la qual es coneix amb el nom de gel. També es pot anomenar solubilització del midó.

Retrogradació del midó:

En poques paraules, s'entén per retrogradació del midó la pèrdua de l'estat de gel aconseguit durant la cocció i la recuperació parcial de la forma cristal·lina de manera lenta i progressiva. Tan bon punt el pa surt del forn, és a dir, deixa d'estar sotmès a les altes temperatures que, per una banda, han fet possible la formació d'un gel però per l'altra han provocat l'evaporació de molta aigua (sobretot, la que no estava lligada), aquesta estructura començarà a desfer-se progressivament per retornar a l'estructura cristal·lina inicial que és la termodinàmicament més estable per al midó a temperatura ambient. De mica en mica, les cadenes intenten reorganitzar-se tot col·locant-se paral·lelament i restablint ponts d'hidrogen entre elles, tot i que hi quedaran part de les molècules d'aigua pel mig; les que estan lligades. En canvi, l'aigua de sinèresi s'evaporarà fàcilment. Es tracta, doncs, d'un procés força lent a llarg termini que comença a apreciar-se al cap de les primeres 24 hores i que a més a més, serà gairebé irreversible. L'única manera d'aturar-lo seria mantenint el pa a la temperatura suficient perquè el midó es trobi en estat de gel, però això comportaria una evaporació excessiva de l'aigua interior, fins i tot es perdria l'aigua d'hidratació (aigua lligada), i el pa s'acabaria cremant.

Cal ressaltar que dels dos polímers que constitueixen el midó, és principalment l'amilosa la responsable de la retrogradació, ja que al ser flexible, fàcilment pot disposar-se paral·lelament i assolir l'estructura cristal·lina. En canvi, l'amilopectina està ramificada, raó per la qual espacialment és més difícil que la retrogradació es produeix i si ho fa, serà parcialment.

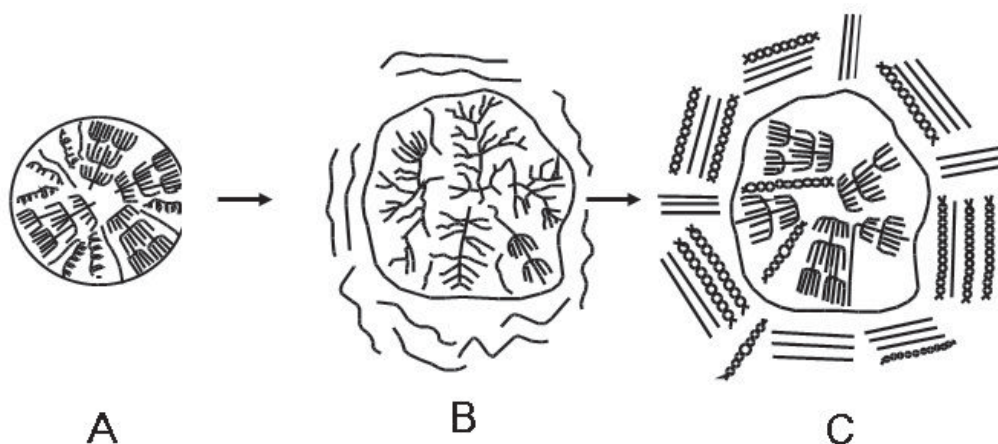


Figura A: un grànul de midó amb cadenes d'amilopectina (ramificades) i d'amilosa (helicoidal) tal i com es troben en la farina abans de barrejar-se amb aigua

Figura B: midó gelatinitzat, on s'han obert les ramificacions de l'amilopectina i cadenes d'amilosa han perdut l'estructura helicoidal i estan a fora. Ara entremig s'hi poden col·locar moltes molècules d'aigua.

Figura C: midó retrogradat. Algunes cadenes d'amilosa s'han enrotllat en forma d'espiral i d'altres han quedat rectes i rígides, mentre que les ramificacions de l'amilopectina han quedat més tancades. Part de l'aigua s'ha perdut (evaporat) i l'altra s'ha quedat entre els forats.

PA ENGOMAT:

Tal i com s'ha explicat anteriorment, ambients molt humits propicien l'engomament del pa en comptes del seu enduriment. Per una banda, la humitat exterior té tendència a entrar a l'interior del pa i en conseqüència, aquest pot incorporar més humitat, amb la qual cosa impedirà que les cadenes de midó puguin retrogradar correctament. Per l'altra, es creu que com que l'aigua lliure (de sinèresi) no pot migrar cap a l'exterior, l'absorbeixen el gluten i les fibres.

GLUTEN:

Respecte a aquest component, s'ha observat una certa relació entre la quantitat de proteïnes i la velocitat d'envelliment del pa. En conseqüència, la farina de poca qualitat (fluixes i de baix contingut en proteïnes) s'assequen més ràpidament. Una explicació pot ser que un alt contingut proteic crea una estructura més densa que dificulta la migració d'aigua cap a l'exterior. Així mateix, se sap que les farines de més contingut proteic requereixen més aigua i això pot explicar per què es notarà el pa més humit durant més temps.

REDISTRIBUCIÓ DE L'AIGUA:

Aquest és un dels apartats menys clars, ja que fins ara es desconeix el comportament i la funció de l'aigua a l'interior de la molla durant l'envelliment. Wyme-Jones i Blanshard (1986) van demostrar que l'aigua lligada (no lliure) en el pa augmentava lleugerament amb el pas del temps, mentre que l'aigua lliure disminuïa. Això fa suposar que la humitat del gluten es desplaça (a part de la migració cap a l'exterior) progressivament cap a l'estructura cristal·lina del midó i, tal com apunten Leung i col. (1983) les molècules d'aigua queden immobilitzades al incorporar-se al cristall (al ser molècules polars queden atrapades entremig dels ponts d'hidrogen) i ja no poden actuar com a plastificant de la xarxa de midó i gluten, amb la qual cosa la molla perd suavitat i gust. Tot i així, també es creu que l'aigua passa del midó al gluten en comptes de fer-ho al revés i per aquest motiu queda endurit i engomat.

SUBSTÀNCIES INHIBIDORES DE L'ENVELLIMENT:

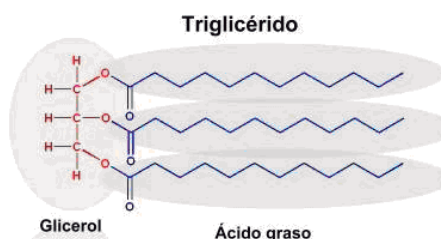
Per tal de frenar aquest envelliment, s'han estudiat certs components que influeixen en la velocitat d'aquest fenomen o en minimitzar els efectes i alguns d'ells també s'estudiaran a la part experimental. Són els següents:

Enzims amilàsics:

Dels 3 orígens diferents que poden tenir les α -amilases incorporades a la massa, les d'origen bacterià són les més efectives de cara a la conservació del pa, ja que s'ha comprovat que un 20% sobreviuen després de la cocció. Durant la cocció (la molla entre 58-78 °C), les α -amilases augmenten la seva activitat i ataquen ràpidament el midó en procés de gelatinització. Les dextrines resultants (de menys pes molecular) no tenen tanta capacitat per retrogradar-se i es col·loquen entremig dels enllaços de midó i gluten, mantenint-ne en certa manera la frescor, sobretot la de la molla.

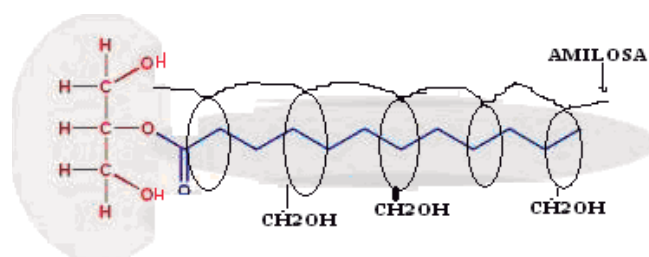
Greixos:

Els greixos, que són mono, di o triglicèrids d'àcids grassos, són molècules apolars (vegeu figura) que interaccionen amb les cadenes d'amilosa de la manera següent: l'amilosa adopta la forma helicoidal encarant tots els radicals dels monosacàrids, fortament electronegatius, cap a l'exterior, de manera que a l'interior només hi queden radicals –OH i –H. Les 3 cadenes en blau són 3 àcids grassos, en el cas dels diglicèrids només n'hi hauria 2 i en els mono-, 1. El compost en vermell és un alcohol.



Aleshores el greix, i especialment la cadena lineal d'àcids grassos, s'hi col·loca a l'interior com si fos el cable i l'amilosa el recobriment, mentre que les molècules polars d'aigua formen ponts d'hidrogen amb els radicals exteriors. D'aquesta manera s'evita que l'amilosa retrogradi.

Si es tracta de monoglicèrids encara serà més favorable (com són E-471), ja que només hi ha una única cadena d'àcid gras per passar i té dos radicals –OH a l'extrem que provenen de la glicerina i que fàcilment reaccionaran amb molècules polars (vegeu figura). En el cas dels E-472e, que conté, a més a més, una molècula d'àcid làctic situada en el lloc d'un grup hidroxil del greix, és una cadena més curta i amb algun grup que conté oxigen. Així doncs, no està tan indicada per frenar la retrogradació, és a dir, mantenir el pa tou durant més temps, sinó que s'empra per millorar l'estructura del gluten i la massa.



Pentosans:

Aquests polisacàrids diferents del midó es troben en proporció d'un 2-3% i aproximadament la meitat són solubles en aigua. Tenen la propietat, tal com s'explica en la composició química de les farines de ser extremadament hidrofílics, raó per la qual impedeixen que l'aigua se'n vagi cap als cristalls de midó, especialment la fracció insoluble, de manera que redueixen la quantitat d'aigua lliure.

Alcohol:

Igual que en el cas anterior, es tracta de compostos propis de la massa (aquests fruit de la fermentació) que al tenir grups polars, interactuen amb els grups hidroxil de les cadenes d'amilosa i amilopectina, retardant-ne la retrogradació (cal tenir present que bona part de l'alcohol produït s'evapora durant la cocció). Malgrat tot, no se n'han fabricat additius perquè encara no s'han desenvolupat prou.

Sal:

Ja se n'ha parlat a l'apartat de l'aigua lliure, i bàsicament la seva funció és col·locar-se entremig de les molècules polars de l'aigua, tot dificultant la seva sortida cap a l'exterior o cap a l'interior dels cristalls de midó.

FACTORS DEL PROCÉS DE PANIFICACIÓ QUE INFLUEIXEN EN LA CONSERVACIÓ DEL PA:

Vet aquí tot un seguit d'aspectes que poden allargar lleugerament el temps de conservació del pa, i bona part dels quals s'aplicaran en la part pràctica:

- Començant per les farines, convé que tinguin un percentatge relativament alt de proteïnes, ja que poden absorbir més aigua. També el contingut de midó fet malbé incrementarà la quantitat d'aigua absorbida.
- Emprar llevat de massa mare, ja que la producció d'àcids orgànics pels bacteris àcidolàctics fa aparèixer una gran quantitat de càrregues positives que augmenten la solubilitat de l'aigua (que és polar) en la massa. Aquesta acidificació de la massa comporta, al seu torn, un increment de l'activitat dels enzims amilàsics els quals afavoreixen també la conservació del pa.
- Són preferibles les fermentacions lentes, perquè el midó pot absorbir més quantitat d'aigua lliure i la molla quedarà més tova. A més, es produiran substàncies procedents de les fermentacions paral·leles que n'afavoreixen la conservació.
- El temps de cocció més aviat curt i per tant, temperatura elevada (no menys de 200°C), ja que en temps prolongats i baixes temperatures el pa s'asseca molt.
- Pans rodons, que tenen menys superfície en relació al seu volum i en conseqüència, menys superfície en contacte amb l'aire exterior.

INFLUÈNCIA DE LA TEMPERATURA EN L'ENVELLIMENT DEL PA: CONGELACIÓ DEL PA

Les temperatures altes (50-80°C), acompanyades d'un percentatge d'humitat alt (80%) afavoreixen la conservació del pa, ja que d'aquesta manera no té temps per refredar-se (i les cadenes de midó no poden retrogradar-se) però en canvi, és molt més susceptible a l'acció microbiana i a la pràctica, la despesa energètica és insostenible.

Així mateix, temperatures per sota dels -15°C , on el pa queda ultracongelat, allarguen força la conservació, si bé l'aigua, que està congelada, no pot migrar cap a l'exterior, ni del gluten al midó. Tanmateix, no és necessari assolir sempre aquestes temperatures, si bé el procés d'envelliment queda aturat als -6 o -8°C , que és la temperatura transició vítria del midó (punt on passa a l'estat rígid). En aquest punt, els polímers del midó queden immobilitzats i les reaccions i els moviments dels soluts (com els sucres simples) i els plastificants (com l'aigua) són extremadament lents.

Ara bé, s'ha comprovat que la temperatura en la qual el pa s'endureix i s'asseca més ràpidament és entre els 3°C i els -2°C i a partir d'aquí va disminuint a mesura que s'augmenta la temperatura, arribant fins als 50°C , on la conservació és òptima. Això explica per què el pa conservat en nevera envelleix més ràpidament que a temperatura ambient i per què el pa s'ha de congelar i descongelar ràpidament a fi que no perdi tanta aigua entre els 3 i -2°C .

El midó durant la congelació i la descongelació:

Quan el pa cuit es congela, l'aigua lliure és capaç de cristal·litzar-se però no l'aigua lligada, que romandrà enganxada als grups electronegatius de les cadenes de midó (grups alcohol), les quals encara es troben en un estat desorganitzat i no han retrogradat. És possible que les cadenes no retrogradin, però al trobar-se a una temperatura inferior del punt de transició vítria, es convertiran en un sòlid rígid amb un moviment escàs de les seves molècules. Ara bé, quan s'escalfa el pa, l'aigua lliure (de sinèresi) adquirirà l'estat líquid i per la calor, migrarà cap a l'exterior, mentre que la resta del sistema intentarà recuperar l'estat de gel, però parcialment, ja que no tindrà aigua suficient i perquè reescalfant-lo no s'assoliria la temperatura de la cocció. Aquest pa, que ja no tindrà tanta humitat, el consumidor, un cop estigui refredat, el notarà molt més sec i amb una conservació molt limitada.

FACTORS QUE INFLUEIXEN EN LES CARACTERÍSTIQUES DEL PA		Color de la crosta		Color de la molla		Tipus d'alveolat		Volum del pa		grenya		Tacte de la crosta		Gruix de la crosta		Tacte de la molla		Humitat de la molla		Gust de la crosta		Gust de la molla		Aroma del pa	
		Intens i brillant	Pàl·lid i mat	Blanc	Color crema	Petit i uniforme	Gros i irregular	Poc volum	Molt volum	Molt i profund	Poc i superficial	cruxent	tova	gruixuda	prima	compacta	airejada	humida	seca	suan	amargós	gustosa	Sense gust	Forta i intensa	No es nota
Farina de força, d'alt contingut proteic, tenaç.					+		+	+		+	!				+	!	+	+	!						
Quantitat d'aigua			-			-	+									-	+	+	!			!			
Quantitat de sal		+	-						+	+	!	+				+		+	!			!			
Quantitat de llevat (l'emprat habitualment)								+								!	+							!	
Ús de massa mare					+					+			+	!				+					+	!	
Ús de sucre		+										+													
Ús de greixos												+													
Quantitat de millorant	Àcid ascòrbic (E-300)		+		-					+	!	+										+			
	Enzims (α -amilases)	+	-															+		+					
	Emulgents							+			+			+		!	+			+					
	(E-472e)																								
Intensitat de l'amasada			+		-	+	-																		
Repòs de la massa (en bloc)							+																		
Temps de fermentació			-					+			+	!				!	+	!	+				+	!	
Velocitat de fermentació (temperatura alta)																							-	+	
Quantitat de vapor d'aigua al forn		+	-							+	!			!	+										
Temps de cocció		+	-									!	!	!	!			!	+	!					
Temperatura de cocció			-							+	!	!	+	!	+			+	!		+				

PART EXPERIMENTAL

1. OBJECTIUS I METODOLOGIA

Aquesta part experimental pretén donar resposta a l'objectiu principal del treball "si és possible millorar la conservació del pa" a partir de la informació obtinguda a la cerca documental. Per fer-ho, s'ha treballat sempre amb una barra de quart com a referència "les barres control", la qual segueix sempre el mateix procés a l'obrador on es fa habitualment. A partir d'aquesta, s'han realitzat fins a 10 proves, cadascuna de les quals introduïa un canvi en algun dels paràmetres del procés de panificació o en la composició que pogués influir en la conservació del pa resultant. D'aquesta manera, s'han analitzat tots els paràmetres de forma independent i els que han representat una millora s'han recollit en una última experiència on s'ha elaborat un "pa final", que tingués la conservació òptima.

A l'hora decidir si el pa suposava una millora s'han tingut en compte 2 factors:

- El grau de conservació, és a dir, que el pa romangui amb les millors característiques organolèptiques el màxim de temps possible i per tant, que no s'engomi, ni s'assequi, ni s'endureixi, ni perdi gust. També, des del punt de vista quantitatiu, es refereix a la pèrdua mínima de pes, és a dir, d'aigua (responsable de l'assecamament del pa).
- La qualitat del producte i per tant, que un cop fet, el pa gaudeixi de les millors característiques organolèptiques possibles apreciades pel consumidor. Pel que fa la barra de quart agafada com a control, aquestes qualitats són:
 - a) Crosta: de color daurat-torrat brillant, fina i cruixent, i de gust suau.
 - b) Molla: airosa, fina, tova, humida, gustosa i blanquinosa.
 - c) Grenyat: obert i més aviat profund
 - d) Mides: correctament desenvolupada, d'uns 50cm de llarg i d'uns 7cm de diàmetre, de secció no completament circular, sinó més aviat elíptica.
 - e) Bona olor

Per tant, si la conservació era bona però s'allunyava de les característiques habituals d'aquest tipus de pa, s'ha descartat, ja que per damunt de tot, el pa és un aliment que ha de ser bo i comestible.

Objectius:

Veure la influència en el grau de conservació i la qualitat del pa de diferents paràmetres, cadascun dels quals correspon a una experiència:

- 1) El temps de cocció: si es redueix, s'augmenta i si s'utilitza la precocció
- 2) El temps de fermentació: si s'escurça i si s'allarga
- 3) El millorant: si se substitueix per un de més "natural"
- 4) El format: si es canvia la forma i si s'augmenta el pes de la peça
- 5) La composició de la massa: si s'utilitza la de pa de pagès

- 6) La sal: si se n'augmenta la quantitat i si no se'n posa gens
- 7) El millorant: si se substitueix per un d'indicat per evitar l'enduriment
- 8) El llevat: si s'incrementa la quantitat de llevat de massa mare
- 9) L'aigua: si se'n redueix la quantitat

Materials i mètodes generals:

Per dur a terme l'estudi sobre la conservació del pa en funció de diferents variables, s'ha dividit en dos tipus d'anàlisi: un de quantitatiu i un de la qualitat. El primer ha consistit en mesurar la pèrdua de pes del pa amb el transcurs del temps, tenint en compte que la disminució de la massa és originada per una migració progressiva de l'aigua que conté, factor directament relacionat amb l'assecat del pa. Per al segon, s'ha realitzat un tast del pa al llarg de les hores, ja que, per damunt de tot, el pa és un aliment i per tant, ha de ser comestible i tenir les millors qualitats organolèptiques possibles. S'han fet 4 barres de cada tipus, de les quals 3 s'han pesat i una ha servit per l'anàlisi organolèptic.

a) Processos de panificació a l'obrador

El pa analitzat sempre s'ha fabricat en el mateix obrador a fi d'evitar variacions en el procés de panificació i condicions exteriors. Les 6 primeres experiències s'han fet durant el mes d'agost del 2011, en ple estiu, mentre que les restants s'han realitzat el mes d'octubre del mateix any i per tant, amb un grau d'humitat i temperatura lleugerament inferiors. L'obrador utilitzat està ubicat al centre de Terrassa, i des d'allà s'han transportat fins a Barcelona, on se n'ha fet l'anàlisi. El procés de panificació seguit per a les barres control, les quals serveixen per a fer-ne la comparació, es detalla a la part següent "procés habitual de panificació".

b) Condicions de conservació del pa

Un cop el pa ha sortit del forn, s'ha deixat refredar durant mitja hora al mateix obrador (on la temperatura, al ser un lloc tancat, és 1 o 2 graus superior a l'ambiental) i a continuació, s'ha traslladat en bosses de paper (material semipermeable) fins al lloc d'estudi. Allà, les barres romanen en embalatges individuals de paper en espais frescos sense corrent d'aire, i en el cas que s'hagi notat un estovament excessiu del pa, s'han conservat sense embolcall. Les condicions d'humitat i temperatura durant les experiències s'exposen en l'anàlisi de les barres control.

c) Mesura de la pèrdua de pes

Per a mesurar el pes del pa, s'ha fet servir una bàscula electrònica de la marca *Scaltec* amb una aproximació fins als decigrams i una safata prou ampla perquè el pa no es doblegués. La primera pesada, realitzada 15 minuts després de la sortida del pa del forn (temps suficient perquè les barres no cremin per fora), s'ha fet al mateix obrador i en la majoria dels casos, tota la resta ja s'han fet a Barcelona en un domicili particular. Tot seguit, es mostren els intervals de temps que s'han seguit per a les pesades en tots els casos (de vegades pot haver-hi una diferència d'una hora). Les barres sempre han sortit del forn entre les 8 i les 9 del matí, ja que es considera l'hora habitual de comprar el pa i

d'aquesta manera es pot veure l'evolució al llarg de tot el dia fins arribar a les 48 hores (matí del tercer dia).

1a pesada 0h	4a pesada 6h	7a pesada 23h	10 pesada 48h
2a pesada 1h	5a pesada 9h	8a pesada 30h	
3a pesada 3h	6a pesada 13h	9a pesada 37h	

El fet que les primers pesades es facin més seguides que les últimes és perquè durant les primeres hores, la pèrdua d'humitat és més irregular i s'estabilitza al cap d'unes 6 hores d'haver-se cuit.

A partir de les dades obtingudes (veure els fulls de registre a l'annex), s'han elaborat dues gràfiques: en la primera s'hi mostra el pes mitjà de les 3 barres de cada tipus en funció del temps que fa que han sortit del forn. En la segona, s'ha calculat la pèrdua mitjana de pes respecte el pes mitjà inicial per a cada hora.

% Pèrdua de pes en un instant: $\text{pes inicial} - \text{pes en un instant} / \text{pes inicial} \times 100$

d) Anàlisi de les característiques organolèptiques

En el tast de cada barra s'han avaluat els aspectes següents, tan objectivament com ha estat possible:

- Aspecte
- Gust i textura
- Evolució

Respecte al primer, s'ha descrit tot allò observable a simple vista i apreciable en les fotografies fetes, tant de la crosta com de la molla (color, gruix, grenya, mida...). Per textura s'entén la sensació que produeix el pa al paladar i en la masticació (elàstic, dur, compacte, fi...) i a l'hora de tallar-lo, és a dir, quan es fa un treball sobre aquest. Respecte al gust, no ha variat gaire d'una barra a una altra i al tractar-se d'un paràmetre molt subjectiu, l'estudi s'ha limitat a observar-ne si el gust és més o menys intens. Per últim, s'ha procedit a fer un tast (que avalua gust i la textura) de cada barra un cop ha sortit forn, al migdia (hora de dinar per al consumidor), a l'hora de sopar, l'endemà per esmorzar, el dinar, el sopar i un últim esmorzar. El resultat de tots aquests tastos correspon a l'evolució, en la qual es recull de manera qualitativa el grau de conservació del pa (si està endurit, sec, engomat etc.).

1.1 PROCÉS HABITUAL DE PANIFICACIÓ DE LES BARRES CONTROL

En aquest obrador, es gasten 30kg de farina cada dia aproximadament i s'utilitzen una sèrie de màquines i millorants que fan que es consideri un procés semi-mecanitzat, a mig camí entre el pa artesanal i el pa industrial.

MATÈRIES PRIMERES

1. Farina:

- 50 % farina panificable BBB (és la Farina habitual i al que es barreja amb la farina de força) de Harinera la Meta (Lleida)
- 50 % farina de blat del 72 % d'extracció de Harivasa 2000 S.A. (Navarra)

Paràmetres de l'anàlisi reològic-químic	Farina panificable BBB (La meta)	Farina 72% d'extracció (Harivassa)
W	169	190-220
P	48,4	55-70
L	121	110-140
P/L	0,4	0,4-0,7
% proteïnes	Mín. 10,7%	Mín. 11%
% gluten humit	Mín. 25%	Mín. 27,5%
% gluten sec	Mín. 8%	Mín. 9,5%
% absorció d'aigua	Mín. 55%	Mín. 54%
Falling number	330-360	330-400

2. Aigua descalcificada, entre 0,575-0,625L per kg de farina (barreja de les anteriors) a 7°C. La quantitat varia en funció de les condicions ambientals (vegeu anàlisi de les barres control).

3. Sal comuna (clorur de sodi): 20g per kg de farina.

4. Llevat:

- 10-15% de llevat de massa mare (massa sobrant del dia anterior, 24 h de fermentació).
- 3% de llevat en pastilla de Zeus Iba S.A.

5. Millorant:

Puratos S-500 Atlas Acti-plus

Dosi: 8g/kg de farina

Composició: antiaglomerant (E-170), emulgent (E-472e), farina de blat, antioxidant (E-300) i enzims.

PROCÉS DE PANIFICACIÓ

1. Pastada: amb pastadora de braços de 50 kg de farina de capacitat, els 2-3 primers minuts a velocitat ràpida perquè agafi fer bé els ingredients i els 12-13 següents al ritme més lent. A l'inici, s'hi afegeix l'aigua, la farina i el millorant; 10 minuts abans d'acabar, la sal; i els últims 5 minuts, el llevat en pastilla i el de massa mare (d'aquesta manera s'evita que el llevat comenci a actuar de seguida).
2. No hi ha repòs en bloc. Automàticament la pastadora aboca la massa a l'embut de la pesadora-divisora per evitar que el llevat comenci a treballar.
3. Pesada i divisió: divisora d'extrusió per a peces de 315g.
4. Funyit: les peces surten empeses per la divisora per un carril esbiaixat (com si fos un dels laterals de la fenyedora cònica) que les arrodoneix lleugerament i cauen als cistells. No hi ha pròpiament una màquina concreta per aquesta fase.
5. Repòs de les peces: és automàtic en un tren de repòs format per una sèrie de cistelletes al voltant d'una espècie de sínia durant uns 10-15 minuts.
6. Format: els cistelletes aboquen cada peça en un sistema de rodets que l'aixafen i li donen la forma allargada que constitueix la formadora.
7. Fermentació: les peces formades es col·loquen en els carros i reixes on després es couen i es porten a la fermentadora, on estaran durant 2 hores a 24-26 °C amb una humitat relativa del 80-90%.
8. Conservació en fred: en neveres industrials durant 8h aproximadament amb un 80-90% d'humitat relativa.
9. Cocció: en forns de carros rotatoris de solera elèctrics i amb injecció de vapor durant un temps variable* entre 21 i 35 min. La temperatura inicial del forn és de 250 °C i en 10 minuts disminueix progressivament fins a 210 °C.
10. Refredament: durant 20 minuts a temperatura i humitat ambientals.

* Temps de cocció pot variar uns 10 minuts (màx. 15) en cada fornada en funció de les condicions de l'ambient, les característiques pròpies de la massa i del procés seguit i de la capacitat del forn, ja que si el carro no està ple de barres aquestes tardaran menys a coure's i al revés en cas contrari. De totes maneres, tot i el que el temps sigui variable, sempre es procura que el punt de cocció sigui el mateix, és a dir, que a simple vista estiguin totes igual de cuites.

Casos particulars:

Totes les noves barres fetes (excepte les de l'experiència 1 i 2 que no ho requereixen) estan tallades, pesades, funyides i formades manualment de la manera següent. Es deixa reposar la massa en bloc uns minuts i es tallen peces de 315g, a continuació es funyen perquè agafin nervi (és a dir, tenacitat) i es deixen reposar 10 minuts tapades amb roba perquè no s'assequin. Tot seguit es formen tal com es fa en el procés manual.



Aquesta és la maquinària completa amb la que es treballa per elaborar les bres control. Comença a la dreta amb la pesadora-divisora, continua amb el carril de funyit, tot seguit cauen en uns cistells a l'interior de la màquina on reposen i cauen a la formadora, que està a la dreta. Les fotografies que apareixen al llarg del procés de panificació de la cerca documental corresponen a parts d'aquesta maquinària.

2. EXPERIÈNCIES

2.1 EFECTE DEL TEMPS DE COCCIÓ

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS:

En la primera experiència, s'estudia l'efecte del temps de cocció en la conservació del pa, ja que el pa perdrà més o menys humitat en funció del temps que es cogui (sempre i quan es mantingui la temperatura del forn constant). És doncs un aspecte important i ja esmentat a la cerca documental. També s'intenta comprovar el suposat empitjorament de les característiques i conservació del pa precuit. Per tal que el pa no estigués excessivament torrat o massa tou i cru, la diferència entre els temps de cocció només ha estat de 5 minuts.

PROCEDIMENT:

Només hi figuren les diferències en el procés de panificació o en la composició de les noves barres respecte les control.

Tipus de barres	Temps de cocció	Conservació en fred
Menys cuites	25 minuts	-
Estàndards	30 minuts	-
Més cuites	35 minuts	-
Precuites	13 + 15 minuts	3-4 hores a 5 °C

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS:



A dalt a l'esquerra, la barra més cuita a l'esquerra, la control al mig i la menys cuita a la dreta.

A dalt a la dreta, la barra més cuita a dalt, la control i la barra menys cuita a sota.

A baix a la dreta, la barra precuita a dalt i la control a baix.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres menys cuites:

Aspecte: color daurat i més aviat blanquinós pels laterals per falta de cocció, però la massa ha grenyat perfectament.

Gust i textura: molla compacta i molt humida, cosa que li dóna més gust tot i que es tracta d'un gust suau que el dóna el llevat en pastilla, però de crosta gomosa, prima i gens cruixent, fruit d'una cocció curta. Díficil de tallar perquè està tou.

Evolució: la molla no perd gaire humitat i el pa no es mostra gaire més sec, la crosta al ser fina, es pot menjar, però s'engoma cada vegada més i encara està comestible passades les primeres 24 hores. Tot i així, amb les hores es torna excessivament tou i es doblega amb facilitat, fins i tot està fred de la humitat.

Observacions: a mesura que passen les hores apareixen al llarg de tota la crosta unes taques blanques i molt petites, com si es tractés d'algun tipus de fong.

Barres control:

Aspecte: de tons daurats i torrats, molt ben grenyada (més que les barres menys cuites), de crosta fina i cruixent però esmicoladissa a mesura que passen les hores.

Gust i textura: la molla és molt airosa (fruit d'una bona fermentació) i el gust és semblant a les primeres barres, però no tan intens perquè la molla no és tan compacte ni té tanta humitat, tot i que això no vol dir que ja es noti sec des del principi.

Evolució: amb el pas del dia, el pa s'engoma i la molla s'asseca bastant i al cap de 24 hores ja no es pot menjar. Té una conservació força limitada.

Observacions: en aquest cas, el pa comença a reduir el seu volum i s'aprecien esquerdes, sobretot, a la part superior de la crosta arran de la compressió que experimenta.

Barres més cuites:

Aspecte: el color de les barres es completament marró torrat, ben grenyada, amb la crosta més dura però alhora trencadissa en fer-hi pressió.

Gust i textura: al tenir una crosta excessivament dura i torrada, el gust de la crosta domina massa sobre el de la molla, la qual també és més seca per falta d'humitat.

Evolució: de cara a la conservació, aquest tipus de barra s'asseca alhora que s'engoma i abans de les primeres 24 hores, està massa sec per ser menjat.

Barres precuïtes:

Aspecte: la crosta es presenta més torrada que daurada i semblant a les control, però el grenyat no és tan acusat.

Gust i textura: la crosta és bastant més dura i gruixuda, a més de trencar-se i esmicolar-se amb facilitat, però es manté cruixent. La molla, al principi, és més aviat compacte i força gustosa.

Evolució: l'enduriment i l'assecament és molt més intens, ja que passades les primeres 24 hores està pràcticament tan dur com una pedra. Ara bé, no està gens engomat, tot i no haver-se deixat refredar suficientment, sinó que la molla s'asseca progressivament, bastant més ràpid que en els casos anteriors i la crosta és la més dura i gruixuda de totes amb el pas del temps.

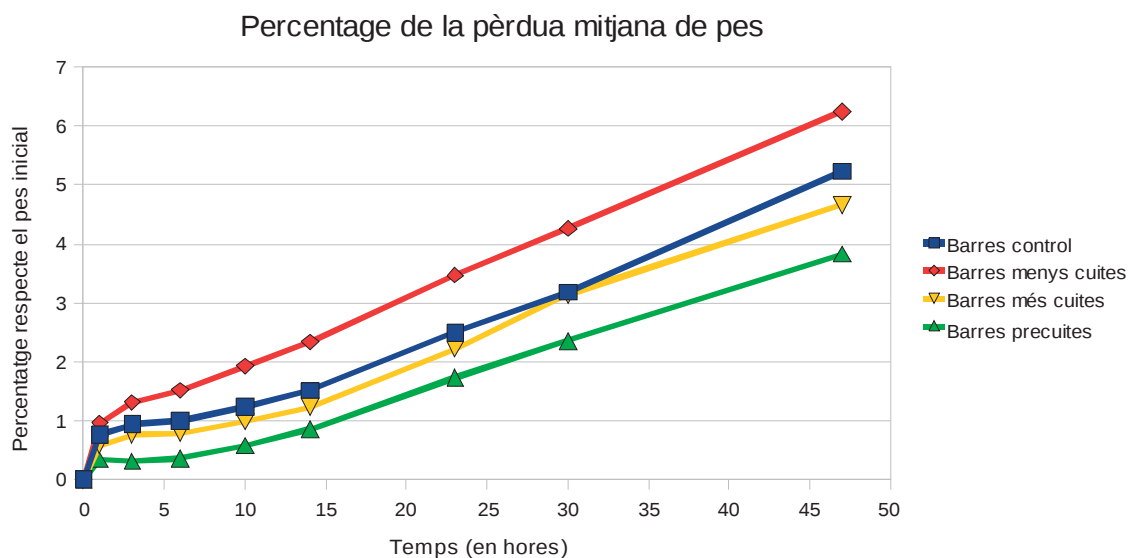
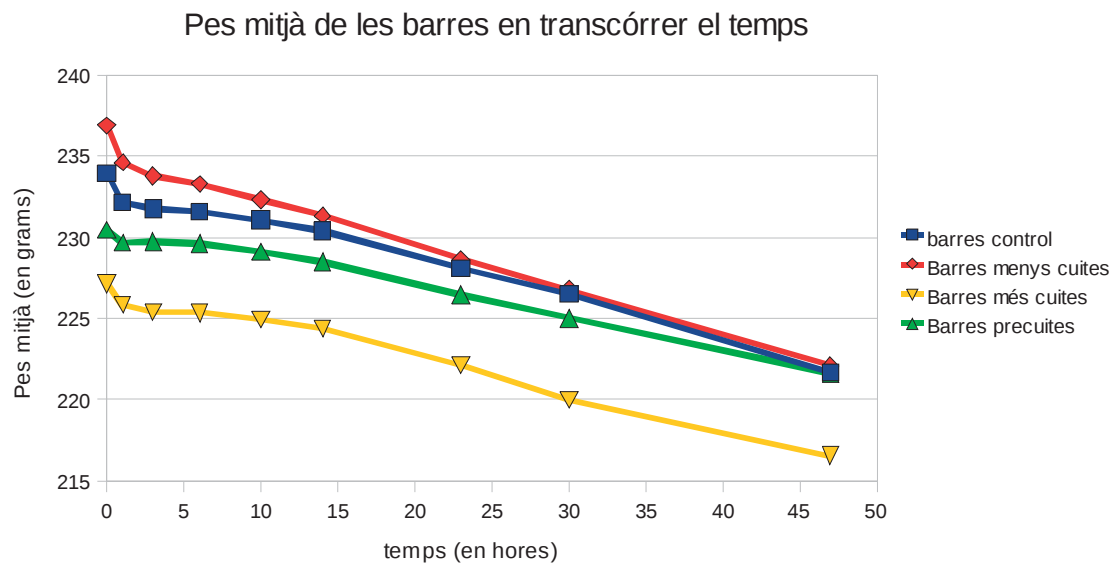
Observacions: s'observen una gran quantitat de bombolles que apareixen amb les hores damunt de la crosta, i que fan adquirir al pa molt mal aspecte. També s'esmicola molt la crosta en tallar-lo. Per últim, convé mencionar que en aquestes barres és on el refredament ha estat més breu i per tant, les pèrdues de pes poden veure-se'n afectades.

Comparació:

Les barres menys cuites són potser les de pitjor presència i textura al principi però es mantenen gairebé inalterables al llarg de les hores, mentre que la resta perden les seves qualitats ràpidament. Així doncs, es pot concloure que les barres menys cuites són les de més bona conservació a llarg termini; és a dir, si es prioritza la frescor de la molla per sobre de la crosta cruixent, es pot assegurar un pa de més conservació deixant-lo sempre un punt per sota de la cocció òptima, en aquest cas ha estat una diferència de 4 minuts. Per altra banda, les barres precuïtes no suposen una millora de cara a la conservació, sinó un empitjorament notable a llarg termini (a partir del segon dia), ja que durant les primeres hores passen desapercebudes com si fossin les barres control.

Observacions generals: Totes quatre barres s'engomen i la crosta, a simple vista, no sembla endurir-se massa amb les hores. Una possible explicació a aquest fet és que no s'havien refredat prou estona abans de ficar-les a les bosses de paper i no s'han pogut airejar suficientment. Malgrat tot, la prova serveix a nivell comparatiu entre les 4, ja que en les barres menys cuites aquesta característica està més aguditzada que en les barres més cuites.

ÀNALISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació dels pes* inicial:

Tenint en compte que totes les barres parteixen d'un pes similar durant el pesatge (al voltant de 315g), les menys cuites són les que pesen perquè han perdut menys humitat durant el temps de cocció, que ha estat inferior, mentre que les més cuites i les precuïtes (que tenen més temps de cocció) són les de pes inferior. Així i tot, les diferències de pes són només de pocs grams ja que la diferència de cocció només és d'uns minuts.

El fet que les barres precuïtes pesin inicialment més que les més cuites s'explica pel temps de cocció total que han tingut (13+15 minuts) el qual és inferior al de les barres més cuites, on és de 35 minuts.

*s'utilitzaran al llarg del treball de camp els termes massa i pes indistintament

Comparació de la pèrdua de pes:

Tal com es pot observar, com més humitat té una massa, més ràpidament la perd. Així doncs, la percentatge de pèrdua final de pes és major en les barres menys cuites (6,24%), que d'altra banda compensen aquesta pèrdua amb una major humitat inicial (és a dir, un cop cuites) i les més cuites són les que la perden més lentament (4,67%), ja que bona part s'ha perdut al llarg de la cocció, juntament amb les precuïtes (3,83%), les quals també han perdut humitat al conservar-se en fred durant 3-4 hores i en tenen menys un cop cuites.

Comparació del pes final:

En conseqüència, es pot observar com la diferència de pes entre les barres menys cuites, les control i les precuïtes és pràcticament nul·la, de manera que passades 48 hores, el seu grau d'humitat és gairebé el mateix. En canvi, les més cuites segueixen situant-se uns 5 grams per sota, fet que el consumidor possiblement notarà amb un empitjorament de la conservació.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUANTITATIUS I QUALITATIUS

El fet que les barres menys cuites romanguin “fresques” durant més temps ve determinat per la quantitat d'humitat que contenen al sortir del forn, però s'ha vist perfectament que perdran la humitat més ràpidament i acabaran igualant-se a la resta. Tot i així, fins que no s'arriba al segon dia el consumidor continua apreciand-hi major humitat i menor enduriment. Per contra, les barres més cuites no suposen cap tipus de millora. La quantitat d'aigua que tinguin les barres al sortir del forn serà doncs un factor decisiu per preveure la seva evolució.

Respecte a la precocció, no s'aprecien canvis notables, tant a nivell qualitatiu com en pèrdua de pes, sinó un lleuger empitjorament que, durant les primeres 24h, passa per alt al consumidor. És doncs, un sistema que compta amb molts avantatges i no amb inconvenients significatius.

Reduir el temps de cocció representa una millora que s'aplicarà en l'experiència final.

2.2 EFECTE DEL TEMPS DE FERMENTACIÓ

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS:

Aquesta experiència, la qual es va realitzar el mateix dia que les dos següents (i per això utilitzen les mateixes barres control), es proposa determinar quina influència té el grau de fermentació en la conservació del pa i com modifica les característiques del pa habitual. En un principi i per sentit comú, un pa més inflat (més fermentat) s'assecarà més ràpid que un de més compacte (menys fermentat). Per tal que les diferències fossin clarament apreciables, les diferències en el temps de fermentació són d'hores.

PROCEDIMENT:

Tipus de barres	Temps de fermentació	Conservació en fred	Temps de cocció
Més fermentades	3h i 30 min.	-	21 minuts
Menys fermentades	1h i 30 min.	2 h a 5-6 °C	21 minuts
Barres control	2 h	1,5 h a 5-6 °C	21 minuts

Les barres menys fermentades s'han conservat en fred perquè es poguessin coure juntament amb les més fermentades i sortir del forn al mateix temps.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A les fotografies de la part superior, la barra més fermentada és a l'esquerra i la menys fermentada a la dreta.

A sota, la més fermentada està a la dreta i la menys fermentada a l'esquerra.



ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS:

Barres més fermentades:

Aspecte: de color torrat uniforme, té un bon grenyat, de secció completament circular perquè han fermentat molt i també es noten força inflades. La crosta s'esquerda amb facilitat.

Gust i textura: la crosta és molt prima, cruixent i esmicoladissa però sense gust, mentre que la molla és molt esponjosa i elàstica.

Evolució: s'asseca molt ràpidament, tant la molla com la crosta, i es nota sec al cap de 6 hores. Passat el primer dia, està molt engomat i es fa bola al mastegar. La conservació, doncs, és bastant dolenta.

Observacions: al cap de 24 hores, estan com desinflades i la crosta s'enfonsa.

Barres menys fermentades:

Aspecte: a simple vista no es mostra tan apetitós perquè presenta un color daurat pàl·lid i molt blanc pels laterals. El grenyat no és tan profund i si s'agafa es nota fred, perquè té molta humitat.

Gust i textura: la molla és molt compacte i degut a la quantitat d'aigua que conté, es nota més gustós. Fins i tot, fa l'efecte com si estigués cru, però en realitat es tracta d'una massa jove, poc madura. La crosta no és gens cruixent, més aviat tova i gruixuda.

Evolució: la crosta s'engoma ràpidament i això fa costí de menjar al segon dia. En canvi, la molla és manté humida i gustosa.

Observacions: hi apareixen una sèrie de taques blanques al llarg de la part inferior de la crosta, fruit de l'excés d'humiditat.

Barres control:

Aspecte: d'un color daurat i torrat més heterogeni i brillant, les control presenten un grenyat obert i no són tan amples com les més fermentades.

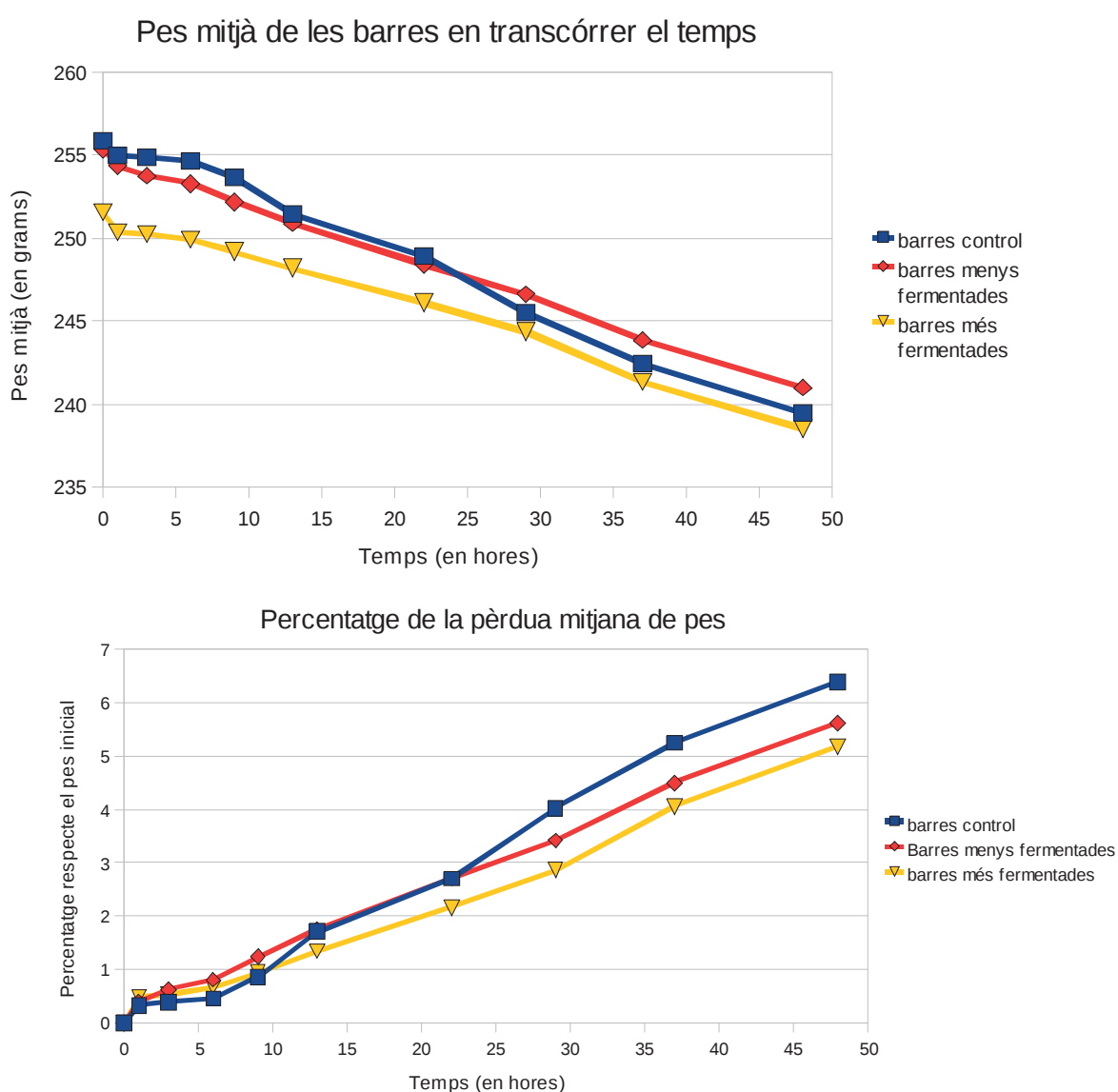
Gust i textura: la crosta es mostra cruixent i esmicoladissa, mentre que la molla és més aïrosa, tova i bastant humida. No tenen un gust tan pronunciat com les de menor fermentació, sinó suau.

Evolució: el pa perd gust i humitat al llarg del primer dia, i s'endureix i s'asseca sobretot passades les primeres 24 hores. No s'engoma excessivament, però el segon dia ja no es pot menjar.

Comparació:

Respecte a la molla, la conservació és molt millor en les barres menys fermentades que en les que ho estan més, però en canvi, les primeres no tenen una crosta cruixent en cap moment i en les altres és més fina i mengívola al principi. Així doncs, no es pot concloure que una fermentació escassa millori la conservació en tots els seus aspectes (la crosta no apareix cruixent) i a més, repercuteix negativament en l'aspecte i el gust d'aquest, ja que sembla que el pa estigui cru, fins al punt de no ser apetitós de cara al consumidor. Sintetitzant, la variació del temps de fermentació no és un paràmetre viable per allargar la conservació del pa.

ÀNALISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

Les barres menys fermentades presenten un pes força similar a les barres control, però en canvi les de major fermentació es troben uns 5g per sota. Una possible explicació a aquest fenomen és que al fermentar durant més temps, més quantitat de midó s'ha transformat en alcohol i diòxid de carboni, fet que inflen el pa i fan que l'aigua que conté a

l'interior no quedi tan ben fixada pels polímers de midó restants. Ara bé, caldria determinar la quantitat de midó que contenen les barres per poder comprovar aquesta hipòtesi.

Comparació de l'evolució:

Tot i que les diferències no són gaire significatives, només convé destacar com les barres més fermentades perden la humitat més lentament que les control i les menys fermentades, ja que parteixen d'un pes inferior. Aquest fenomen també s'ha pogut observar, encara més accentuat, en l'experiència anterior (1-efecte del temps de cocció).

Comparació del pes final:

Així doncs, si la diferència de pes al principi entre era d'uns 5g, passats dos dies es retallen les distàncies i només es diferencien en 2g, tot i que les barres menys fermentades segueixen pesant més que la resta.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUALITATIUS I QUANTITATIUS

La millora en la frescor de la molla de les barres menys fermentades es veu reflectida en un pes inicial i final superiors, mentre que les de major fermentació (de crosta més fina i diferenciada però de molla menys humida) no han tingut una conservació tan bona, tant a nivell qualitatiu com per la quantitat d'aigua que contenen (observada en les gràfiques). Malgrat tot, cal descartar les barres menys fermentades ja que perden les característiques pròpies d'aquest tipus de pa i mai no resultarien apetitoses per al consumidor.

Observacions:

Les barres menys fermentades presenten un comportament molt similar a les control, ja que la diferència en el temps de fermentació respecte les control només ha estat tan sols de mitja hora; tanmateix, les característiques organolèptiques sí que han sofert un canvi considerable.

2.3 EFECTE D'UN MILLORANT NATURAL

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS:

Amb aquest títol es pretén explicar com modifica el resultat final del pa l'ús d'un millorant o un altre. En aquest cas, el millorant emprat està especialment indicat per a processos artesanals, ja que pràcticament no conté additius sinó que han estat substituïts substàncies naturals no obtingudes en laboratoris. Per tant, si un dels problemes que actualment pateix el pa és la escassa conservació perquè està sotmès a processos industrialitzats que incorporen molts additius químics al pa, aquest canvi hauria de beneficiar-ne la seva conservació.

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Aigua /kg de farina	Llevat i millorant	Temps de fermentació	Temps de cocció
Naturals	0,625 L	Panatura *	2h	21 minuts
control	0,575L	Massa mare, pastilla i millorant habitual	2h	21 minuts

* Panatura: Es tracta d'un compost preparat definit com "massa mare llesta per a tot tipus de pa blanc" i per tant, substituirà el llevat en pastilla i els complements panaris. Està compost per farina de blat, aigua, llevat, farina de malta (d'ordi) i suc d'acerola concentrat. Incorporant aquest preparat, es pot dir que el pa resultant serà totalment natural.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A les dues fotografies, la control està a l'esquerra i la natural a la dreta.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres naturals:

Aspecte: presenten un color marró claret molt uniforme, més apagat i menys atractiu que el de les barres control. El grenyat és escàs, fet que pot ser causat per la falta d'àcid ascòrbic que sí que conté el millorant habitual, ja que fa que la massa guanyi tenacitat i per tant, el grenyat sigui més profund. Pel que fa al color, és decisiva l'acció dels enzims α -amilases del millorant habitual, que en aquest cas, també conté la farina de malta (però segurament en menor proporció).

Gust i textura: la crosta és més gruixuda i dura, poc cruixent i sembla que no hagi fermentat tant la massa (ja que amb el llevat de massa mare la fermentació és més lenta i en canvi, han fermentat igual que els control). Els emulgents DATA són responsables d'una crosta fina i cruixent, però aquestes barres no en tenen. La molla és molt compacte i per tant, més gustosa, d'un alveolat molt petit, i la crosta no té mal gust perquè no està gaire torrada.

Evolució: al llarg del primer i el segon dia, no s'engoma gaire, més aviat són la crosta i la molla que s'assequen i costen de mastegar, però aguanta ben bé un dia i mig.

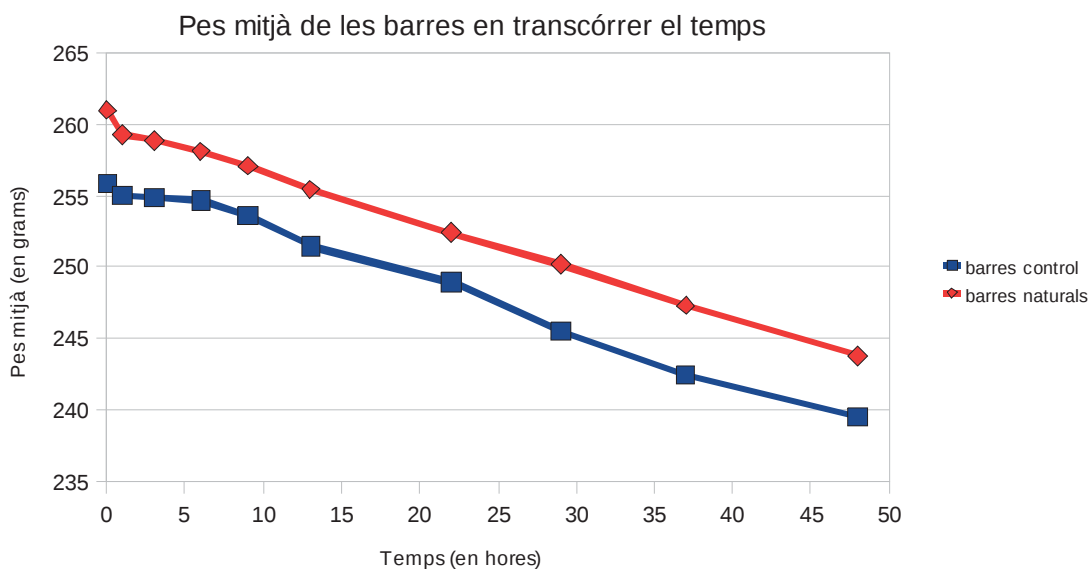
Observacions: al cap de 24 hores, el pa no està rígid, sinó que és tou al tacte, raó per la qual se l'ha deixat sense embolcall en un lloc més sec.

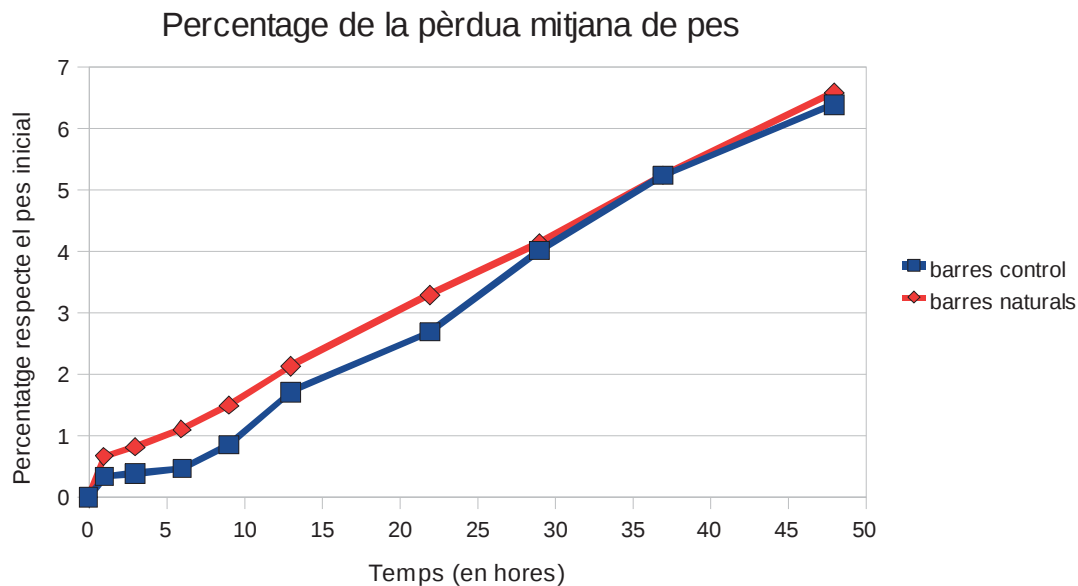
Barres control: les mateixes que en l'experiència anterior (núm. 3).

Comparació:

En general, no és un pa tan apetitós com les barres control, les quals el seu bon aspecte, la crosta fina i cruixent i un bon volum són deguts als additius incorporats i que aquest no conté. Així mateix, la seva conservació tampoc és molt millor i concloent, no val la pena que aquest preparat substitueixi a l'emprat normalment.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS





Comparació del pes inicial:

Les barres naturals, que no contenen el millorant habitual, pesen uns 5g més que les control un cop han sortit del forn, de manera que el preparat utilitzat ha contribuït a minimitzar la pèrdua d'aigua durant la cocció, si bé partien d'una proporció d'aigua semblant durant la pastada, de 0,625L/kg de farina en les naturals i de 0,6L en les control.

Comparació de l'evolució:

En la segona gràfica, es pot observar com la pèrdua de pes és pràcticament igual, sobretot passat el primer dia, on les dues línies se solapen i la pèrdua de pes es torna més estable.

Comparació del pes final:

Per tant, si la pèrdua de pes és gairebé la mateixa, la diferència entre les masses inicials (de 5 g) és molt semblant a la diferència entre les masses finals (4g). Així doncs, les barres naturals podrien considerar-se una millora, ja que es mantenen tota l'estona amb més humitat que les control i la perden al mateix ritme, vet aquí on es diferencien de les barres de les experiències anteriors.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUANTITATIUS I QUALITATIUS

En l'anàlisi qualitatiu, s'ha vist com les barres naturals s'estoven molt, fet que pot relacionar-se amb aquesta major humitat que s'observa a la gràfica i que pot ser produïda pel preparat però també per l'escassa fermentació (les barres menys fermentades de l'experiència anterior també comencen amb un pes inicial superior al de les control). Ara bé, encara que quantitativament es pugui parlar d'una millora, qualitativament el pa perd presència, textura i gust i el consumidor tampoc nota que se'n allargui la conservació. Convé doncs continuar treballant amb el millorant habitual.

2.4 EFECTE DEL FORMAT

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En aquesta experiència s'ha modificat al forma i pes del pa control (que són barres de quart) a fi de comprovar el seu paper en el pa resultant. Per una banda, s'han elaborat llonguets, és a dir, peces del mateix que les control (315g) però molt més arrodonides, de manera que hi ha més quantitat de molla i menys crosta. Aquest fet se suposa que hauria de millorar la conservació perquè l'aigua no es pot evaporar amb tanta facilitat. Per altra banda, s'han fet barres de 350g per veure si un increment de massa pot també allargar la conservació del pa. Per tant, s'avaluen el canvi de pes i de forma per separat.

Cal tenir en compte que aquests pans nous ja no es podran anomenar barres de quart, però sí que continuen pertanyent a la categoria de comú.

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Pes de la massa	Mides de les barres			Temps de cocció
		Llargada	Diàmetre màx.	Circumferència màx.	
Llonguets	315g	35 cm	12 cm	30 cm	24 min.*
més llargues	350g	65 cm	6 cm	20 cm	21 min.
Control	315 g	54 cm	7 cm	20,5 cm	21 min.

* El temps de cocció és diferent perquè totes tinguin el mateix grau de cocció i en funció de la massa o el format s'assoleix més o menys ràpid. això també passarà en experiències posteriors

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



Les barres més llargues són les de més massa i les més arrodonides, els llonguets.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Llonguets:

Aspecte: D'entrada, presenten un grenyat profund i molt obert, un color entre daurat i torrat que les fa molt apetitoses. Estan una mica esblanqueïdes i toves pels laterals, perquè segurament els hi faltava un pèl de cocció.

Gust i textura: la crosta s'esmicola molt fàcilment i es desenganxa una mica de la molla (defecte de l'espellofat), cosa que dificulta el tall, però és fina i cruixent. Té molta molla (fruit d'una bona fermentació i de la forma ovalada) i és tova, aïrosa i gustosa (més humitat), amb la qual és un pa que fa de bon menjar.

Evolució: a diferència de totes les barres provades anteriorment, aquestes es conserven més de 48 hores. La crosta, al ser molt fina (potser excessivament) i cruixent, no es fa tan feixuga de mastegar tot i assecar-se amb les hores. La molla, que té una gran quantitat d'humitat, no s'endureix ràpidament ni tampoc s'engoma, sinó que s'asseca paulatinament i amb això va perdent el gust.

Observacions: tal i com s'ha comentat abans, al pa li faltava cocció perquè es va tornant tou amb els dies i s'enfonsa per la part inferior.

Barres més llargues:

Aspecte: Si es compara amb les barres anteriors, és més rígida i dura, ja que no té tanta molla i es cou més ràpidament, d'aspecte apetitós pel color entre daurat i torrat i el bon grenyat que presenta.

Gust i textura: la crosta és molt trencadissa i cruixent, mentre que la molla no té un gust tan pronunciat, més aviat suau, i és aïrosa i lleugera. És apetitós.

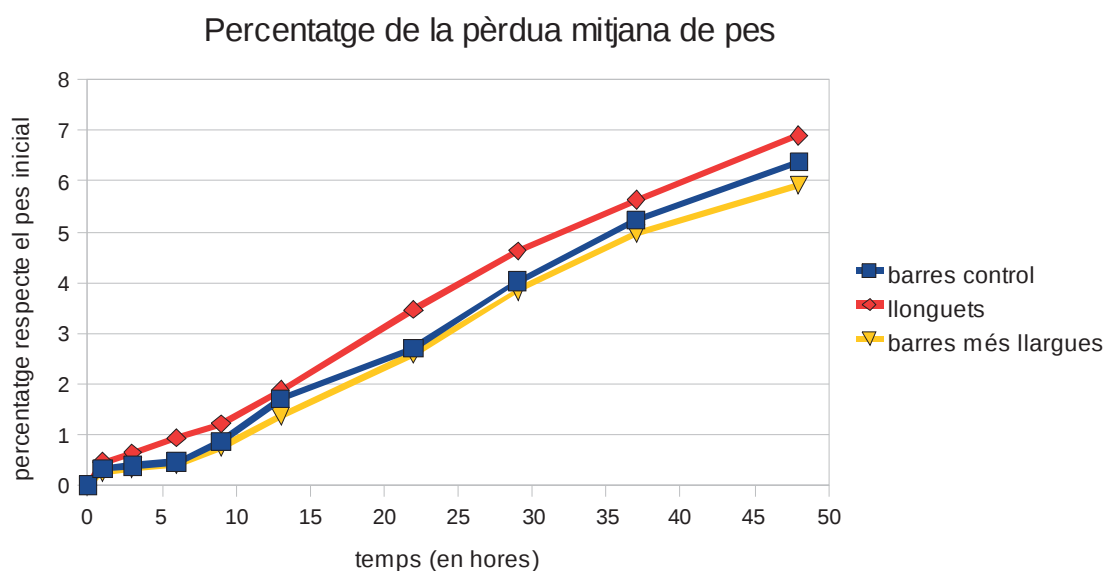
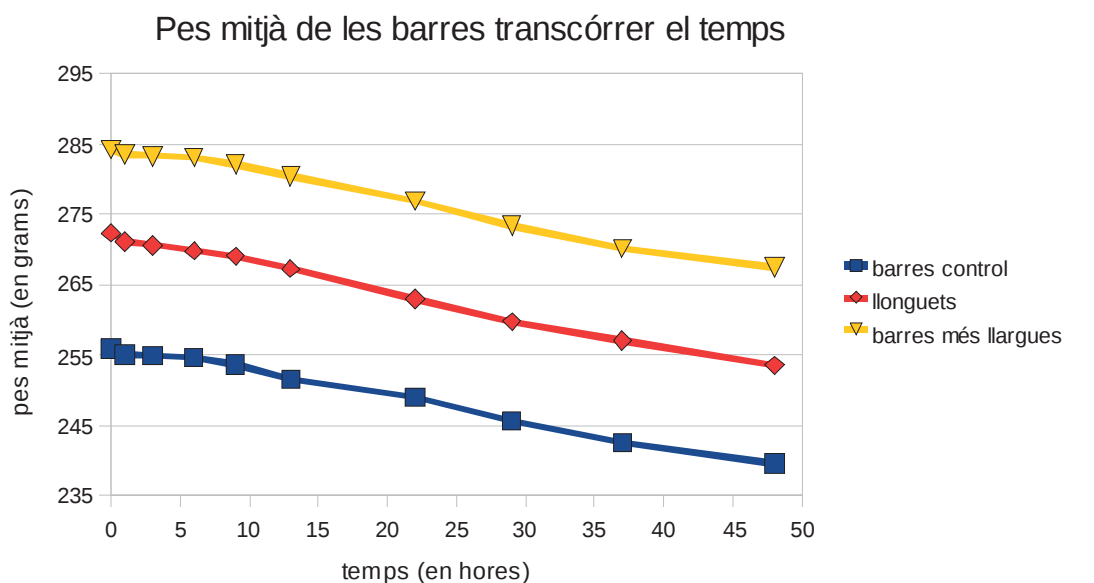
Evolució: amb el pas de les hores, la crosta perd molt gust i s'endureix, per tant, costa de mastegar, sobretot passades les primeres 24 hores. Passat el primer dia, el pa comença a engomar-se i unes quantes hores més tard, ja està incomestible. Així doncs, la conservació és bastant limitada.

Barres control: les mateixes que en les dues experiències anteriors (núm. 3 i 4).

Comparació:

En aquest cas, la millora en el temps de conservació de les barres ha estat clarament significativa en els llonguets, però aquestes, per la seva forma, no s'acostumen a considerar barres. D'altra banda, els pans amb aquest format es fan, generalment, amb molt més llevat de massa mare i farines de més força i segurament no utilitzen el mateix tipus de millorant. El resultat és un pa de molla més compacta i crosta més gruixuda. En canvi, en aquest cas, la crosta continuava sent prima i cruixent (on també hi ha influït la escassa cocció), tot i gaudir dels avantatges en la conservació dels pans d'aquest format.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

Tenint en compte que les barres pesen 315g quan les formen, els llonguets no arriben a perdre ni uns 50 g durant el procés de panificació (pes mitjà inicial de 272,5g). El motiu rau en la relació volum-superfície, que fa que no es pugui evaporar tanta aigua per la superfície i queda tota concentrada a la molla. Requereix una cocció més llarga, que en aquest cas només ha estat de 3 minuts més i això n'ha afavorit encara més la conservació. Així doncs, els llonguets un cop cuits contenen una proporció d'aigua molt major respecte a les control, tal com es pot apreciar a la primera gràfica, on la diferència inicial de pes correspon a aigua de més. Pel que fa a les barres de 350g, se situen evidentment per sobre de les altres dues, ja que al partir de més pes en el format cada barra tindrà més aigua però també més farina.

Comparació de l'evolució:

La pèrdua de pes és força similar i només cal esmentar que en els llonguets és lleugerament superior perquè la humitat del pa és molt superior a la de l'ambient i per tant, més ràpidament intentaran igualar-se, tot i que al tenir menys superfície no serà tan fàcil. Les que són més llargues, com que no se n'ha variat l'amplada, la relació volum-superfície és pràcticament igual a les control i en conseqüència, també el comportament al llarg de les hores.

En tots els casos però, s'observa com la pèrdua durant les 10 primers hores és més lenta que després, on la gràfica creix molt més de pressa. L'explicació a aquest fet pot ser la següent: durant les primeres hores, l'aigua de la molla intenta sortir cap a l'exterior (i es perd massa) però alhora la crosta, que està més seca que l'ambient, capta part de la humitat exterior i s'estova. Passades 10 hores, aquest equilibri es trenca i gairebé tota l'aigua migra cap a l'exterior. Aquest fenomen es produeix en totes les experiències, però en algunes està molt més accentuat.

Comparació del pes final:

Al tenir una velocitat de pèrdua semblant, els llonguets acaben pesant més que les barres control i les barres més llargues seguiran tenint més pes que els llonguets. Per tant, si al principi els llonguets tenien més aigua al seu interior, en passar 2 dies, també la tindran i això suposa clarament una millora. Per contra, les barres més llargues segueixen un comportament tan similar a les control que no es pot considerar una millora.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUANTITATIUS I QUALITATIUS

En aquesta experiència hom es pot adonar que el pes inicial és decisiu per determinar la futura conservació del pa, ja que en tot moment els llonguets es noten qualitativament molt més humits que les barres control. A més, els llonguets tenen molta més molla i aquesta és més mengívola al cap dels dies que la crosta, la qual s'endureix i s'asseca més. Així doncs, s'ha aconseguit un pa amb més humitat inicialment, amb una velocitat de pèrdua similar i al qual ha respòs molt positivament el consumidor, destacant-ne la textura (molta molla i crosta prima) i el gust (més gustós perquè té més aigua). El format adequat és sens dubte un factor clau per obtenir una conservació òptima.

Per altra banda, les barres més llargues no han suposat cap canvi satisfactori ni de cara a les característiques organolèptiques ni en la conservació (estudiada en les gràfiques). Així doncs, es pot assegurar que la massa de la barra gairebé no influirà en el seu grau de conservació.

La reduir la superfície de la peça per a un mateix volum representa una millora que s'aplicarà en l'experiència final.

2.5 EFECTE DE LA MASSA DEL PA DE PAGÈS

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Com a regla general, s'observa que el pa de pagès tradicional, gran i rodó, es conservació força millor que les barres de quart (aguanten més de 24 hores). Per aquest motiu, en aquesta experiència s'ha utilitzat la massa del pa de pagès per elaborar una barra de quart i comprovar si la composició (farina i llevat emprats) és la responsable de la seva conservació. En cas que no sigui així, potser parar atenció en el format, que ja ha resultat decisiu en l'experiència anterior.

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Farina* especial	Aigua*	Llevat*		millorant	Temps de fermentació	Temps de cocció
			pastilla	Llevat líquid			
Pa de pagès	¼ kg de Cibatta B	0,625 L	15 g	6g	—	1h 45 min.	24 min.
control	-	0,575L	30g	-	L'habitual	2h	24 min.

*Les proporcions de farina, aigua i llevat són per cada kg de farina habitual

Aquestes barres s'ha fet a partir d'una mescla entre la farina habitual i farina d'extracció més alta (Cibatta B). Es tracta d'una farina preparada, indicada per a pans d'alt contingut en aigua (com la xapata), amb la següent composició: farina de blat, farina de sègol, segó de sègol, sal i agents de tractament de la farina: àcid ascòrbic i enzims (això fa que substitueixi el millorant). Pel que fa al llevat de massa mare, és un preparat anomenat Sapore Fidelio (de l'empresa Puratos). No és res més que massa mare pasteuritzada líquida a base de blat i fermentada amb el bacteri de massa mare de Sant Francisco. S'empra per aportar gust i aroma als productes de fleca, millorant alhora les característiques de la molla, la crosta i la frescor el pa. La composició d'aquest pa de pagès és la que s'utilitza habitualment a l'obrador.



FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A les 3 fotografies, la barra de pagès és a la dreta i la control a l'esquerra.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres de pagès

Aspecte: La crosta no té un color daurat sinó més aviat torrat i menys brillant. Presenta un grenyat molt més profund i una crosta dura, així com també s'entreveu part del segó que porta la farina. La crosta no és gens esmicoladissa i té una forma més aviat estreta (no està aixafada) i de crostó punxegut. Totes aquestes característiques permeten deduir que el pa prové d'una massa amb força, tenaç i poc extensible, provocada per un canvi en la farina emprada.

Gust i textura: la molla té un gust més pronunciat tot i no ser excessivament compacte ni humida, mentre que la crosta és força dura i gruixuda i costa de mastegar. No és tan lleuger com el pa normal.

Evolució: la crosta s'engoma abans d'haver transcorregut les primeres 24 hores, i la molla es nota lleugerament seca. Al segon dia ja està incomedible, si bé la molla està seca i la crosta, dura i engomada.

Observacions: està un pèl massa cuit i això fa que la crosta estigui molt dura des del principi, tingui un gust fort i costi de menjar, a més d'empitjorar la conservació.

Barres control

Aspecte: el color daurat torrat brillant que presenta, el fa molt apetitós de cara la consumidor, així com també el bon grenyat obert que té. Tanmateix, la crosta és excessivament prima i s'esquerda amb facilitat.

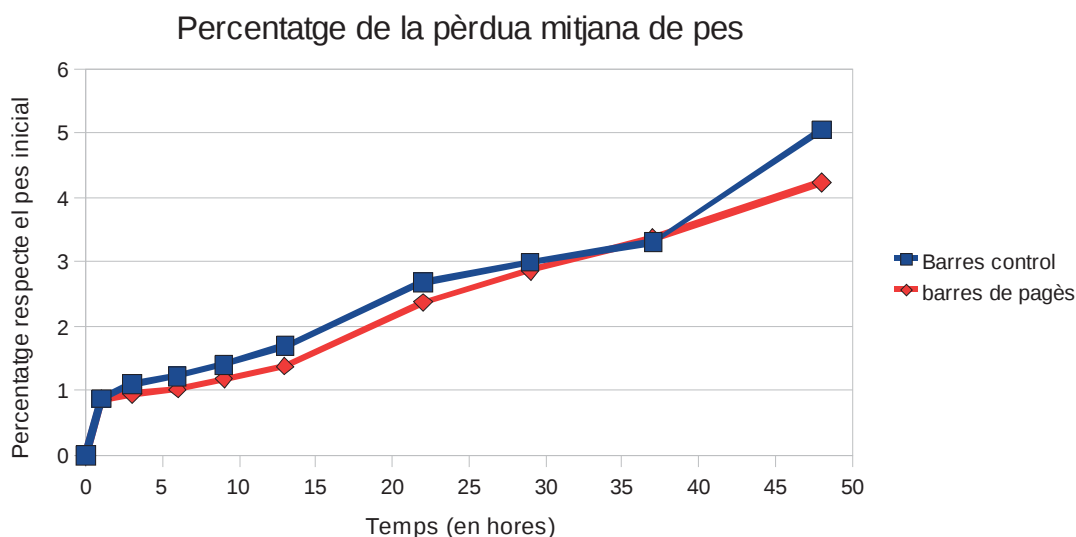
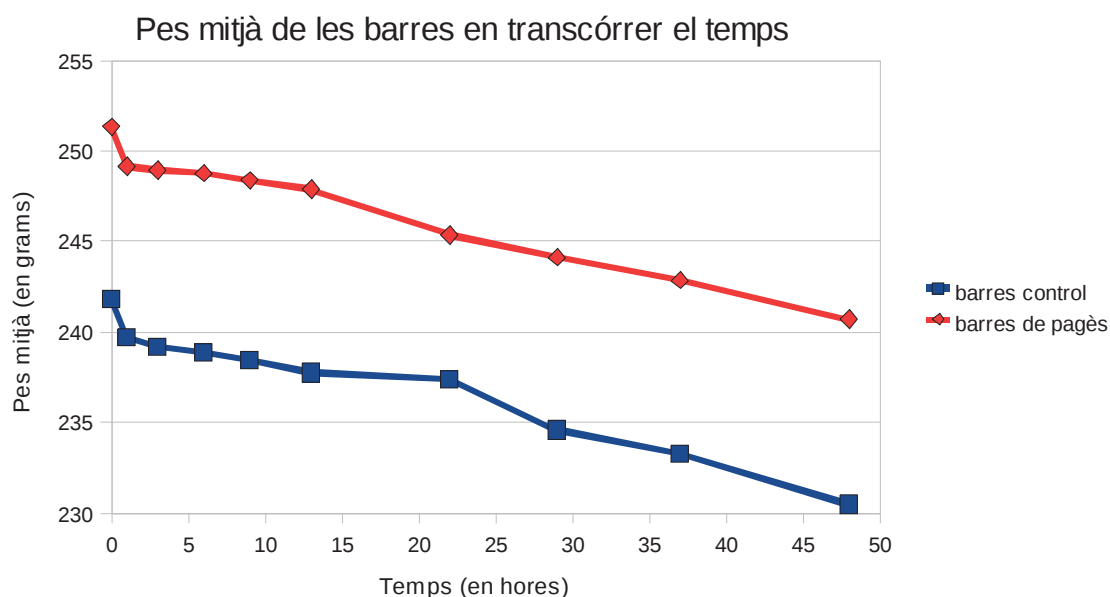
Gust i textura: La molla és molt fina, airejada, elàstica i de gust suau i la crosta és prima i cruixent.

Evolució: Durant el primer dia, la crosta s'engoma però és pot menjar perfectament. Ara bé, passades les primers 24 hores, està massa sec i engomat.

Comparació:

Tot i que teòricament el llevat de massa mare i la farina de més força haurien de contribuir a allargar-ne la conservació, aquest pa s'ha mostrat, des del principi, més sec, potser per excés de cocció, i la crosta gruixuda que aquest llevat provoca han fet que hi hagués menys molla, i per tant, fos menys mengívol. Aquests ingredients són més recomanats per a pans rodons, on la forma, tal i com s'ha vist en experiments passats, sí que és decisiva per a la conservació d'aquest tipus de pa.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

Des d'un principi, es pot apreciar una diferència de pes considerable (9,5g) entre les barres al sortir del forn. Per explicar aquest fet cal recordar que les barres de pagès porten una quantitat de suplementària de farina de més extracció per cada quilogram de farina habitual, de manera que la proporció d'aigua disminueix. En conseqüència, si no hi ha tanta aigua tampoc se'n perd tanta i potser el llevat líquid també pot haver influït en minimitzar les pèrdues d'aigua durant la fermentació i sobretot la cocció.

Comparació de l'evolució:

Tot i això, tenen un comportament pràcticament idèntic al llarg del temps: perden molt durant la primera hora, a continuació s'estabilitzen fins a les 15 hores, a partir de les quals ja comencen a perdre més ràpidament, sobretot les barres control.

Comparació del pes final:

Per tant, si la pèrdua de pes és molt semblant, la diferència de pes entre les masses finals serà gairebé la mateixa (10,2 g) i lleugerament major, perquè les barres de pagès no han perdut tanta aigua. Així doncs, els canvis efectuats en la composició d'aquestes noves barres només s'han vist reflectits en el pes inicial, que tenien una proporció inferior d'aigua, i segurament tampoc es notaran tan humides qualitativament.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUALITATIUS I QUANTITATIUS

En estudiar ambdós resultats, es pot observar com el llevat líquid és el responsable d'una crosta més gruixuda i que agrada menys (almenys per a les barres de quart), mentre que la incorporació de farina de més extracció fa que el pa sigui més dens, tingui doncs menys aigua, i tot i que en perd la mateixa, el consumidor percep les barres control més humides en tot moment. Aquesta experiència serveix per adonar-se que el pa que pesa més no té perquè tenir més humitat i per tant, conservar-se millor (això només passa si tots parteixen de la mateixa proporció d'aigua durant la pastada). És més, encara que la velocitat de pèrdua sigui gairebé la mateixa que en les barres control, el comportament a nivell qualitatiu és molt diferent, de manera que l'anàlisi quantitatiu proporciona una informació molt més limitada que el qualitatiu.

2.6 EFECTE DE LA QUANTITAT DE SAL

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En el capítol de al conservació, s'ha explicat la importància de sal a l'hora de minimitzar les pèrdues d'aigua i és per això, que s'ha volgut canviar la quantitat habitual i observar-ne el seu paper de cara a la conservació i les característiques organolèptiques de les barres control. Així doncs, per tal que els efectes fossin visibles, s'ha augmentat la quantitat en un 50% en unes barres i en les altres s'ha tret completament, amb l'objectiu de veure si realment és ingredient imprescindible per fer pa.

PROCEDIMENT

Tipus	Sal*	Aigua*	Temps de pastada	Temps de fermentació	Temps de cocció
Més sal	30g	0,625L	20 min.	1h 45 min	24 min.
Sense sal	0 g	0,55L	10 min.	1h 30 min	27 min.
Control	20g	0,575L	15 min.	1h 45 min	24 min.

* les proporcions són per cada kg de farina habitual

La sal incrementa l'absorció d'aigua però alhora el temps de pastada, resultant una massa més tenaç, mentre que quan no hi ha sal, el pa fermenta més ràpidament però li costa més agafar color, i per tant, de coure's.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A les dues fotografies superiors, les barres sense sal estan a l'esquerra, les control al mig, i les que tenen més sal a la dreta i en ordre invers les barres d'abaix a la dreta. A dalt a la dreta es pot observar la profunditat del grenyat mentre que a la de sota, la forma del crostó (més punxegut o més arrodonit).

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres amb més sal:

Aspecte: la crosta és d'un color torrat, amb un grenyat profund i la part més interior de la grena és blanca, fet que contrasta amb el color exterior. A simple vista, la crosta sembla dura i d'una sola peça i la barra és força estreta amb un acabat bastant punxegut. Tot això indica que la massa és molt tenaç, de manera que aquesta magnitud no depèn únicament de la farina emprada.

Gust i textura: La molla és molt consistent, té bastant humitat i es nota un fort regust salat.

Evolució: la molla s'asseca molt lentament i al segon dia, encara es pot menjar, és a dir, té una bona conservació (més i tot que les control). En canvi, la crosta s'engoma excessivament abans d'haver passat el primer dia i això fa que al segon dia, ja no es pugui ni menjar.

Observacions: una cocció una mica més curta, segurament hauria contribuït a allargar la conservació de la crosta.

Barres sense sal:

Aspecte: ja només a primer cop d'ull, el seu aspecte crida l'atenció. Són d'un color esgrogissat uniforme, amb un grenyat molt superficial i estan una mica inflades i aixafades (visible sobretot en el crostó arrodonit). A més, la superfície és rugosa i presenta unes petites taques marrons. Això fa pensar en un gluten força fràgil, on part de l'aire s'ha pogut escapar (hi ha com bombolles petades a prop de les grenyes) i on la massa era molt més extensible que tenaç. A més, la fermentació s'ha produït més ràpidament i han assolit un volum major. Tot i així, la massa no ha pujat (i per tant, grenyat) més quan ha entrat al forn.

Gust i textura: la crosta, que no és gens cruixent tot i ser seca i molt fina, té com un gust "a paper". D'altra banda, la molla està tova i excessivament airejada, li falta consistència i és molt accentuat el canvi de gust en el pa, molt més dolç ara.

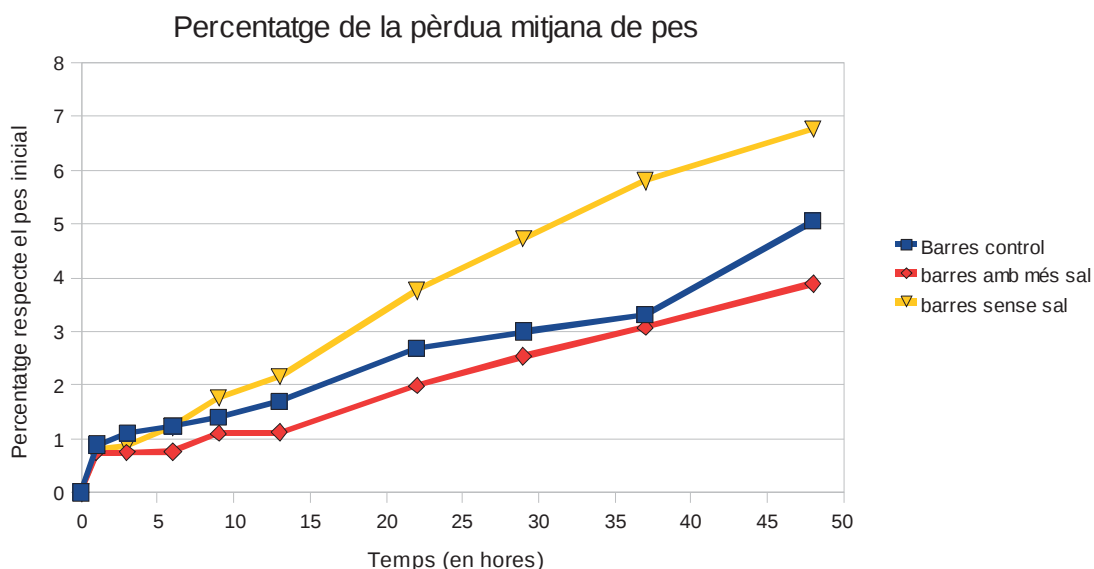
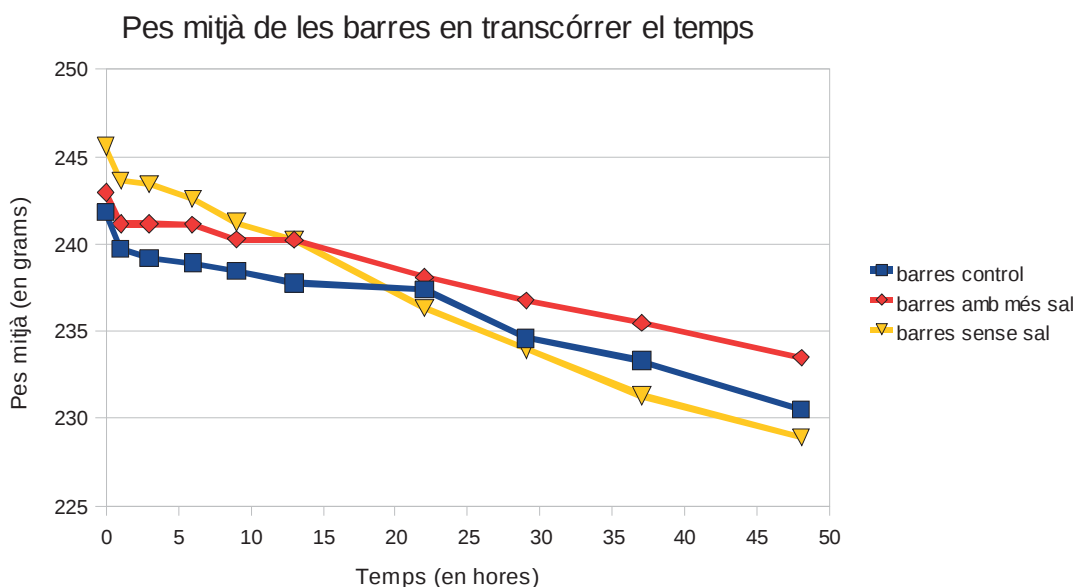
Evolució: Al contrari del que pugui semblar, la crosta del pa està molt més ben conservada que en les barres amb més sal, ja que al ser prima, no s'engoma gens i això la fa perfectament comestible al dia següent. Malgrat tot, la molla poc compacta s'asseca força ràpidament, de manera que el resultat global és un pa que s'asseca però no s'engoma i està poc endurit.

Barres control: les mateixes que en l'experiència anterior (núm. 5).

Comparació:

El fet de canviar la quantitat de sal repercuteix notablement en el pa resultant i en la seva conservació. Un augment de sal beneficia la molla, que reté més humitat, però perjudica la crosta, que al ser més gruixuda i dura queda seca en poc temps i fa el pa difícil de menjar. No obstant, si se'n redueix la quantitat (en aquest cas fins al 0%), la crosta hi surt guanyant, ja que es mostra més fina i mengívola però malmet la molla, que no està suficientment humida com per mantenir-se durant gaire temps. Així doncs, si es comparen, no es pot concloure que alguna de les dues suposi una millora radical en la conservació, tot i que a nivell pràctic, el consumidor es guiaria pel gust a l'hora de triar-ne una, el qual és molt diferenciat. Per tal de millorar-ho, es podrien fer barres amb més sal (no cal fins a 30g/kg de farina) però un pèl menys cuites, sense que això impliqui un engomament excessiu. El que resulta clar és que reduint la sal no es millorarà la conservació.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

En la primera gràfica es pot observar com les barres sense sal són les que pesen més amb diferència de les control i les de més sal, tot i que precisament són les barres sense sal les que s'han cuit durant més temps i per tant, haurien d'haver perdut més aigua. Davant d'aquesta paradoxa aparent, cal tenir en compte que la sal incrementa la quantitat d'aigua absorbida durant la pastada i per tant, les barres amb més sal contenen una proporció d'aigua més gran, i en conseqüència se n'ha evaporat més durant la cocció, resultant un pa de menys pes.

Aquesta explicació també es pot aplicar a les barres control, ja que contenen 20g de sal, és a dir, no tanta com les barres més salades però força més que les sense sal i per tant, les control s'assemblen més a les barres més salades.

Comparació de l'evolució:

En canvi, es veu clarament com les barres sense sal perdre la humitat molt més ràpidament que les control, mentre que les barres amb més sal ho fan més lentament que les control. Així es demostra com el paper de la sal és clau per frenar la migració d'aigua del pa cap a l'exterior, així com també per retardar-ne l'enduriment. Com més sal conté el pa, menys humitat es perd.

Comparació del pes final:

Passades les primeres 48 hores, les barres sense sal que pesaven molt però també han perdut molt són les que pesen menys i per contra, les de més sal són les que ara pesen més perquè han perdut menys aigua. Així i tot, les dues barres que porten sal tenen un comportament general força semblant (les rectes no són gaire diferents) i a on s'aprecia un canvi important, és en les barres que no tenen sal, on la recta decreix molt més ràpidament.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUANTITATIUS I QUALITATIUS

Atenent als resultats quantitatius, seria fàcil concloure que augmentar la quantitat de sal suposa una millora decisiva ja que redueix la pèrdua d'humitat considerablement, però alhora la crosta gruixuda que s'ha obtingut ha perjudicat la conservació a nivell qualitatiu. Per tant, caldria augmentar la quantitat de sal però fins a 30g, sinó que 25g serien suficients perquè la humitat es conservés i la crosta no és mostrés excessivament gruixuda.

Augmentar la sal fins a un 25% s'aplicarà com a millora per a l'experiència final.

2.7 EFECTE D'UN MILLORANT PER A PA DE MOTLLE

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

A part d'haver canviat el millorant per un de més natural, també s'ha intentat buscar un millorant indicat especialment per allargar al conservació del pa. De tots els additius i substàncies que conté, l'emulgent és el qui determina sobretot la velocitat d'enduriment del pa (retrogradació del midó). Per tant, si l'emulgent que porta (que és el DATA: E-472e) se substitueix per un altre indicat especialment per aconseguir una molla molt tova (com són els mono i diglicèrids d'àcids grassos: E-471) la conservació del pa hauria de millorar notablement. Ara bé, aquest nou millorant s'utilitzen majoritàriament pel pa de motlle, fet que pot repercutir en les característiques qualitatives del producte resultant.

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Farina especial/ kg de farina habitual	Aigua*	Millorant	Temps de cocció
Motlle	125g de gran força	0,65L	novelpan	24 min.
control	-	0,625L	Atlas Acti plus	24 min.

* proporció d'aigua per cada kg de farina habitual ja barrejada amb la de gran força

“Novelpan” és un millorant de l'empresa Puratos amb la composició següent: farina de blat, antiaglomerant E-170, farina de soja, antioxidant E-300, emulgents: E-471 i lecitina de soja, i enzims. La dosi que se n'ha posat, fixada ja per l'empresa productora, és de 5g/kg de farina.

La farina de gran força és de l'empresa la Meta i té W=380; P=96,8; L=115; P/L= 0,84. Com que el millorant s'utilitza per a pans de motlle o d'altres de brioixeria que requereixen farines de més força, en aquest cas se n'hi ha afegit només una petita proporció.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A la fotografia de l'esquerra, la barra control està l'esquerra i a la dreta hi ha la de motlle, mentre que a la fotografia de la dreta, la de motlle està a l'esquerra i la control a la dreta.



ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres de motlle:

Aspecte: el color de la crosta és molt fort i intens (un marró semblant al del pa de motlle), ja que el millorant contenia enzims però a més a més, farina de soja que també en porta, de manera que ambdós han contribuït a una major caramel·lització de sucres en la crosta. La superfície és molt llisa i el grenyat poc profund però no gaire obert, ocasionat per una fermentació excessiva. El color de la molla és d'un blanc intens opac, com el del pa de motlle.

Gust i textura: la crosta presenta unes característiques molt peculiars. En fer una mica de pressió sobre la crosta, s'enfonsa de seguida i es trenca. Així doncs, el pa cedeix molt fàcilment en tallar-lo, però en canvi, la crosta no està cruixent ni ferma sinó tova i es desfà (com passa amb el pa de motlle). La pèrdua de cruiximent fa que no es pugi considerar pa comú i s'allunyi molt de les característiques habituals de les barres. La molla és extremadament tova i es desfà també, tot i que resulta agradable de mastegar. El canvi de gust és força apreciable, si bé és més dolç i molt semblant al del pa de motlle industrial.

Evolució: tant la molla com la crosta no s'endureixen gens, però en canvi es van assecant progressivament. Passat el primer dia, la molla està extraordinàriament tova, força seca i és comestible però a mesura que s'arriba al segon dia, la crosta adquireix un gust amargós que fa que el consumidor rebutgi per complert el pa.

Observacions: tot i que han tingut el mateix de temps de fermentació que les control, les barres de motlle estan un pel massa inflades, i per això al posar-les al forn, no han grenyat gaire. A més, com que s'han format manualment, les puntes eren més estretes que la resta de la barra

Barres control:

Aspecte: els colors varien entre el daurat i el torrat per tota la crosta, amb un grenyat més profund que ample i no tan inflades com les de motlle. Presenta moltes esquerdes sobretot pels laterals.

Gust i textura: la crosta és molt cruixent i la molla molt fina i airosa.

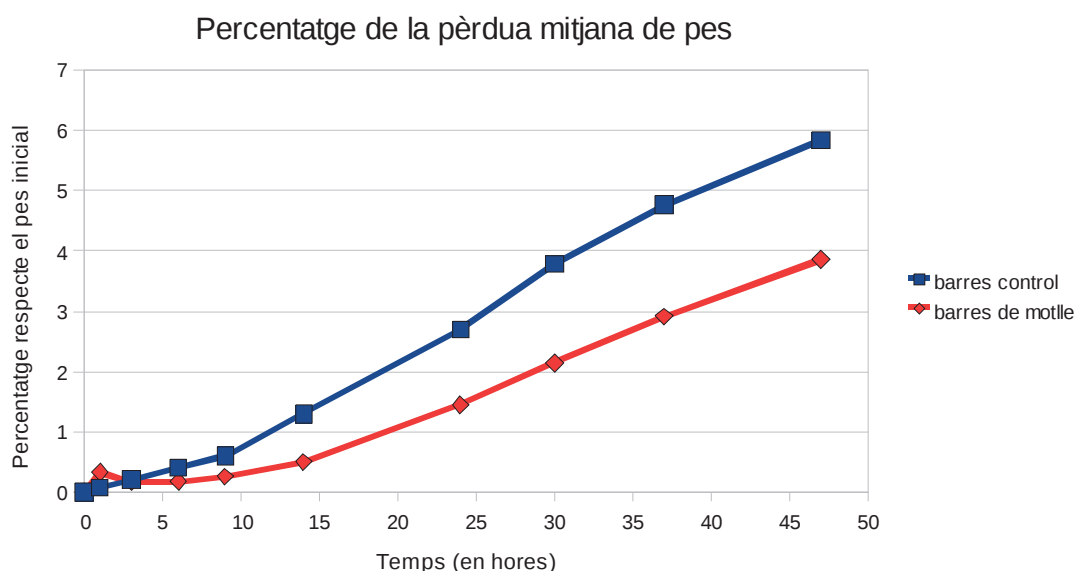
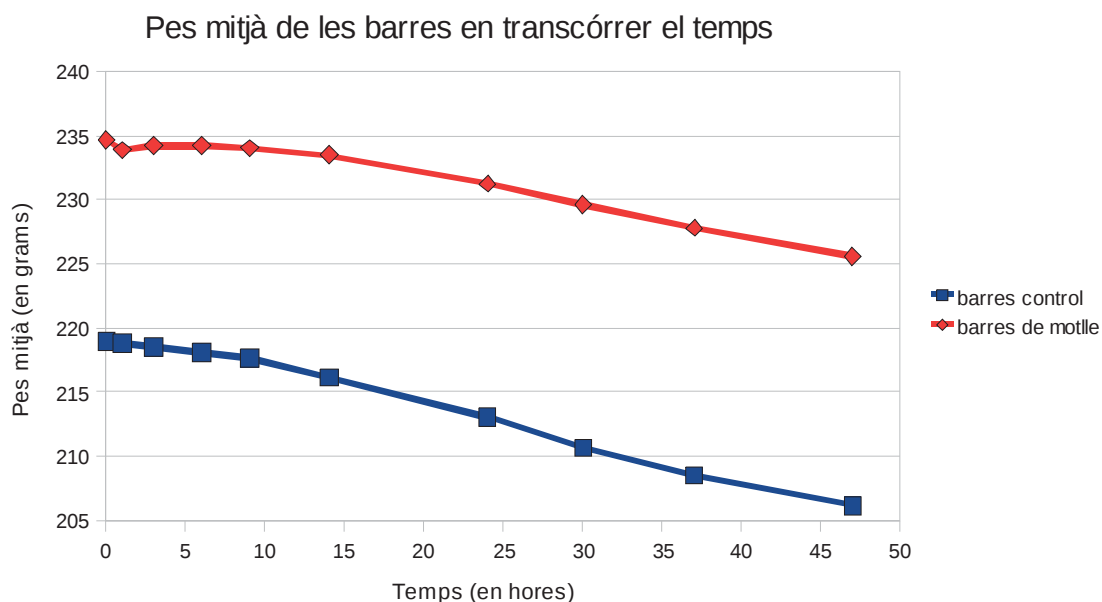
Evolució: al llarg del primer dia es va engomant progressivament. Passat el primer dia, el pa està molt engomat i a partir d'aquí comença a assecar-se fins al segon dia.

Observacions: apareixen moltes bombolles al llarg de la crosta, fet ja observat en altres experiències, que pot provenir de l'excés d'humitat de la massa.

Comparació:

La majoria de característiques que presenten les barres de motlle recorden molt al pa de motlle, per tant, es perd la crosta daurada i cruixent i el gust salat. Respecte a la conservació, s'aconsegueix frenar l'enduriment, però no obstant, se segueixen asseccant, és a dir, perdent humitat. Així doncs, és evident que no suposen una millora, perquè el pa perd totes les seves característiques pròpies i continua asseccant-se excessivament.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIS



Comparació del pes inicial:

En aquest cas, el fet de canviar el millorant ha repercutit en el pes i comportament de les barres al llarg de els hores. La diferència de pes inicial és molt gran, de 15,5 g. El millorant, que està especialment indicat per a pans de molla molt tova, podria haver evitat

la pèrdua d'aigua durant el procés, així com també la farina de mitja força utilitzada, que incrementa la capacitat d'absorció d'aigua.

Comparació de l'evolució:

Ara bé, la diferència en al velocitat de pèrdua de ambdues barres sí que és significativa, ja que les barres control arriben a perdre gairebé el doble de ràpid que les de motlle (3,86%) al final. Aquest fenomen es pot explicar perquè el millorant afegit, que conté com a diferència principal mono i diglicèrids d'àcids grassos (E-471), actua evitant l'enduriment del pa, és a dir, la retrogradació del midó i això també repercuteix en la migració d'aigua.

Durant primers hores, però, mantenen pesos similars i la pèrdua d'humitat és relativament petita (<1%), de manera que l'efecte del millorant es comença a apreciar a partir de els 10 primers hores.

Comparació del pes final:

La diferència de pes inicial acompanyada amb la lenta velocitat de pèrdua d'humitat fa que passades les primeres 48 hores, la diferència de pes encara estigui més accentuada (19,4g), mentre que al principi era de 15,5g. Així doncs, es pot afirmar que aquest tipus d'emulgent utilitzat minimitza la migració d'aigua cap a l'exterior, la qual contribueix a l'asseccament del pa, ja que interacciona amb el midó, i aquest, amb les molècules polars d'aigua.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUALITATIUS I QUANTITATIUS

Respecte a la conservació del pa, els resultats quantitatius evidencien una disminució en la pèrdua d'humitat considerable que, en canvi, el consumidor no aprecia. Malgrat tot, sí que es percep estovament de la molla que es manté flonja durant més de 2 dies. Això permet relacionar els conceptes d'enduriment (originat per la retrogradació del midó) i assecament del pa (a causa de la migració d'aigua), ja que no es tracta de fenòmens independents sinó que s'ha comprovat que perquè un pa es mantingui tou durant un temps prolongat cal que no perdi gaire humitat i de la mateixa manera, un pa que s'endureix ràpidament anirà acompanyat durant disminució d'humitat considerable.

Tanmateix, aquestes barres no responen bé a la resta de paràmetres analitzats: aspecte, textura i gust, ja que aquests s'assemblen més als del pa de motlle i no als d'una barra. Es tracta doncs, d'un millorant indicat sobretot per aquest tipus de pa i on la principal característica és la gran capacitat d'estovament de la molla, que al seu torn, alenteix la migració d'humitat. Per tant, el tipus de millorant emprat és decisiu per preveure el comportament i característiques del pa resultant.

2.8 EFECTE DEL LLEVAT DE MASSA MARE

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

El llevat de massa mare produeix àcids orgànics fruit de fermentacions secundàries que contribueixen a allargar la frescor del pa. Tot i les barres control ja en porten en un 3%, aquesta vegada se n'ha augmentat dràsticament la quantitat fins al 50% i només un 2% en pastilla perquè no sigui tan lenta, de manera que el llevat de massa mare sigui realment el protagonista. A més a més, la fermentació s'ha fet a una temperatura inferior i durant més temps, per tal que pugui treballar correctament.

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Tipus de farina i quantitat	Tipus i quantitat de llevat	Fermentació	Temps de cocció
Massa mare	125g de farina de gran força/kg farina habitual	50 % de massa mare 2% en pastilla	8h a 20-22°C	24 min.
control	Farina habitual	3% de massa mare 3% en pastilla	2h a 24-26°C	24 min.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



En les fotografies on apareixen dues barres, la de l'esquerra és la de massa mare i a la dreta, la control. En l'última fotografia, hi ha la barra de massa mare on es poden apreciar el grenyat i les esquerdes de la crosta.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres de massa mare:

Aspecte: el color de crosta va des de torrat a daurat depenent de les zones, per tant, no és tan homogeni com en els casos anteriors. Presenta un grenyat una mica més profund (però no tan com les normals per la llarga fermentació), ja que el llevat de massa mare i la farina de més força han reforçat la tenacitat de la massa. Presenta esquerdes sobretot pels laterals que indiquen que el pa serà cruixent. Està força inflada perquè ha fermentat més.

Gust i textura: la crosta és molt cruixent i dura, fins i tot, punxeguda, molt semblant a la de les barres control. La molla, en canvi, gràcies al llevat de massa mare, és molt elàstica, reté força aigua i és molt gustosa (sabor procedent dels àcids de la fermentació de la massa mare).

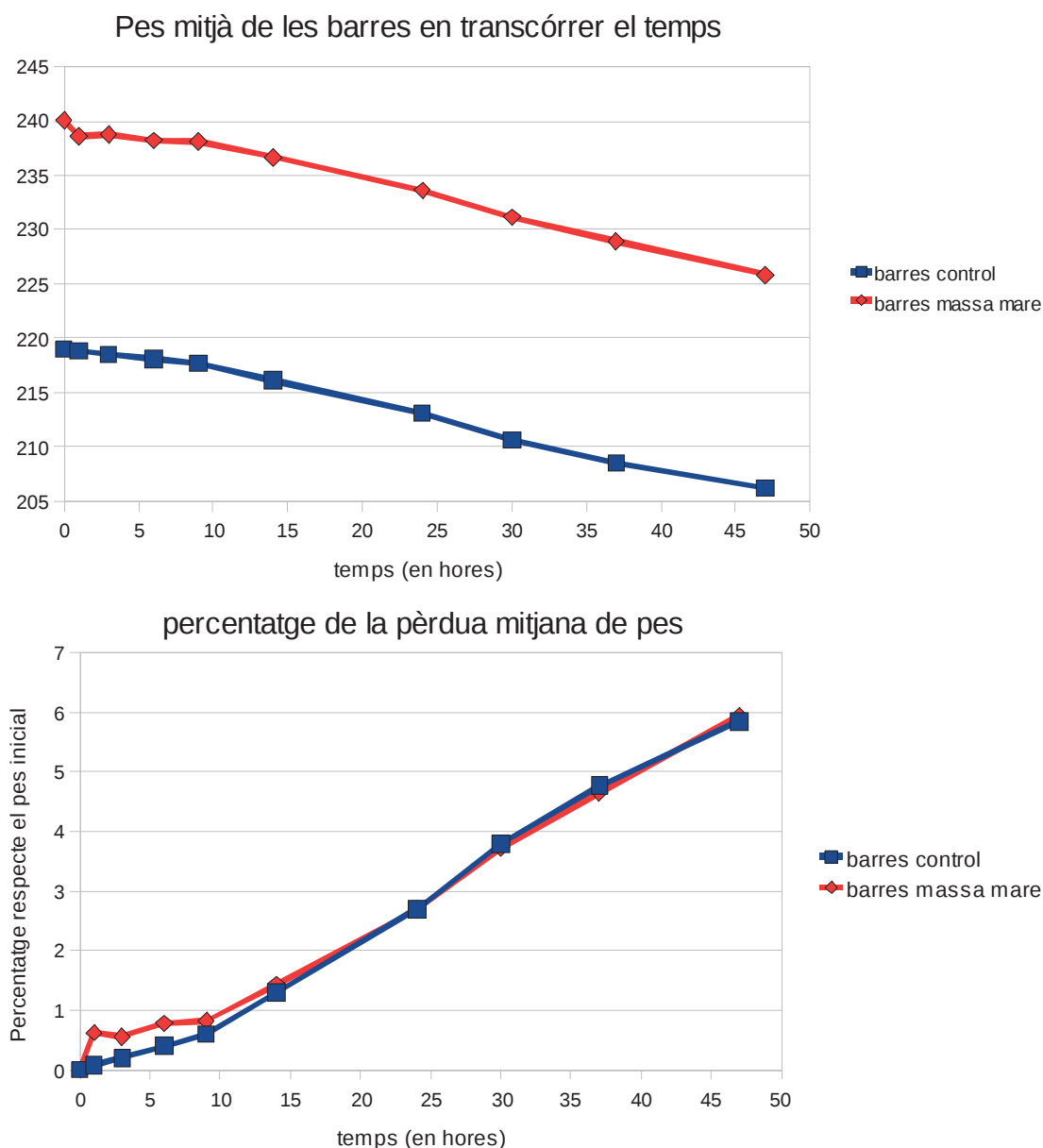
Evolució: la crosta s'anirà engomant i la molla s'asseca, però continuarà mantenint l'elasticitat i el gust intens, punts que el consumidor valora positivament. A més, gràcies al format i la fermentació seguits, hi ha molta superfície de molla en relació a la quantitat de crosta i això fa que el pa sigui més mengívol amb el transcurs del temps. Passades les primeres 24 hores, és el que es conserva millor dels 4, però 12 hores més tard, ja està massa engomat i sec.

Barres control: les mateixes que en l'experiència anterior (núm. 7).

Comparació:

La diferència no és gaire significativa, ja que la variació només s'ha fet incrementant la dosi de llevat de massa mare i afegint-hi farina de més força i el fet que les barres K siguin més amples és conseqüència de la fermentació i el format. Ara bé, de cara a la conservació les barres K suposen un millora apreciable, ja que el gust es manté, la molla és elàstica i la crosta no s'engoma tant (aquesta última característica és causada en bona part pel format, que incrementa la quantitat de molla). Per tant, si se segueix el mateix format, una mica menys de fermentació per tal que millori l'aspecte, i les dosis de llevat i farina es mantenen, la conservació de les barres millorarà substancialment.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

Tant aquesta experiència com la anterior (núm. 7) s'han comparat respecte a les mateixes barres control perquè es van realitzar el mateix dia, i és per això que torna a aparèixer una diferència molt gran en el pes inicial de les barres, aquesta vegada encara més gran, de 21,1g. Atès que el llevat de massa mare fixa més l'aigua i la fermentació ha estat més lenta i per tant a temperatura més baixa, la pèrdua d'aigua al llarg del procés ha disminuït. No obstant, també s'ha afegit una gran quantitat de llevat de massa mare i per tant, la proporció d'aigua també ha estat inferior.

Comparació de l'evolució:

Aquesta és una de les gràfiques on més clarament es veu com el paràmetre canviat en les barres, en aquest cas el tipus de llevat, no afecta gairebé la velocitat de pèrdua d'humitat. L'única diferència s'observa durant les 10 primeres hores, on les barres de massa mare gairebé no perden humitat, ja que es produeix aquell equilibri ja present en d'altres experiències entre l'aigua que surt a l'ambient i la humitat de l'ambient que entra i estova la crosta.

Comparació del pes final:

En aquest cas, si la pèrdua de pes és la mateixa la diferència de pes inicial i final també ho serà. Ara bé, cal comprovar (en l'anàlisi qualitatiu) si aquest pes superior és tot ocasionat per un contingut en aigua major per poder preveure una millora substancial en la conservació.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUANTITATIUS I QUALITATIUS

En els resultats qualitatius s'observen principalment dues millores importants: el gust i la conservació. Pel que fa al primer, està directament relacionat amb l'increment de la quantitat de llevat de massa mare utilitzat, ja que desprenen àcids en diferents fermentacions que n'intensifiquen el gust, el qual es manté al llarg de les hores. Respecte la conservació, les barres de massa mare no s'endureixen ni s'engomen tan ràpidament, fet que possiblement està relacionat amb el pes major que presenten a la gràfica, és a dir, que tenen un contingut major d'aigua en tot moment. El tipus de llevat emprat és per tant, un factor a tenir present de cara a la futura conservació del pa.

Aquesta millora s'aplicarà en l'experiència final.

2.9 EFECTE DE LA QUANTITAT D'AIGUA

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Cada massa demana una quantitat d'aigua més o menys variable perquè la massa es formi correctament. El límit per a la massa de l'obrador són 0,6L/kg de farina i si se sobrepassa, la massa queda enganxosa i difícil de treballar. Aquesta és la quantitat que necessiten les baguettes i les barres de quart (pa de molla tova). Per contra, el pa de molla dura (vegeu capítol denominació i qualitat del pa) es caracteritza per una proporció d'aigua inferior, de 0,4L/kg habitualment. Així doncs, si bé no és possible augmentar la quantitat d'aigua en les barres control, sí que es pot disminuir i consegüentment, aconseguir que no perdin tanta humitat durant la conservació; tot i que això farà que ja no es parli d'una barra de quart sinó d'alguna variant de pa bregat (ambdós pertanyen a la categoria de pa comú).

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Quantitat d'aigua	Temps de cocció
Menys aigua	0,4 L/kg farina habitual	27 min.
Control	0,625L/kg farina hab.	27 min.

La massa de les barres costa més d'estirar i formar perquè està més compacta. A l'hora de fermentar també es noten més seques al tacte.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A dalt a la dreta, s'observa el canvi de color en la molla, i a sota, el canvi en la crosta.

En totes les fotografies les barres control són a l'esquerra i les de menys aigua a la dreta.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Barres amb menys aigua:

Aspecte: la crosta es d'un color entre daurat i torrat pàl·lid i homogeni i el grenyat, escàs i molt estret, però en canvi estan més aviat inflades. Això pot ser ocasionat perquè al contenir menys aigua, durant la fermentació estaven més seques i han format una pell que després fa que la massa al entrar al forn no es pugui obrir pels talls fets. En canvi, a la part de sota presenten talls i esquerdes longitudinals que al haver estat formades manualment (queden plegades per la part de sota), han estat la zona més dèbil per la qual les barres s'han obert.

Gust i textura: la crosta és gruixuda, dura i rígida i es desenganxa amb facilitat de la molla: tova, blanca, molt compacta i amb un alveolat minúscul imperceptible. La crosta, tot i estar rígida, es pot menjar sense dificultat perquè es trenca fàcilment, però és bastant insípida, igual que la molla que es nota més seca.

Evolució: a mesura que passen les hores s'accentua la poca presència d'aigua en el pa, és a dir, cada vegada està més sec, però no obstant, no s'engoma ni s'endureix la crosta ni la molla. En conseqüència, és manté força estable fins a 2 dies, tot i ser més consistent a l'hora de menjar.

Observacions: l'assecamment de les barres durant la fermentació per la poca aigua que contienien es pot solucionar augmentant la humitat relativa de les cambres de fermentació. Aquest pa s'assembla en molts aspectes al de tipus candial o de molla dura, que contenen una proporció inferior d'aigua, fet que els hi confereix, tant d'aspecte com de textura, unes característiques diferents.

Barres control:

Aspecte: de color que va de daurat a torrat segons la zona i brillant, de grenyat ample i profund. La superfície de la crosta presenta petites bombolles i està esquerpada, fet que es repeteix en experiències anteriors.

Gust i textura: l'alveolat de la molla és més gran i les parets interalveolars molt més primes, fet que proporciona una molla airosa i lleugera. La crosta, com sempre, és fina, cruixent i gustosa.

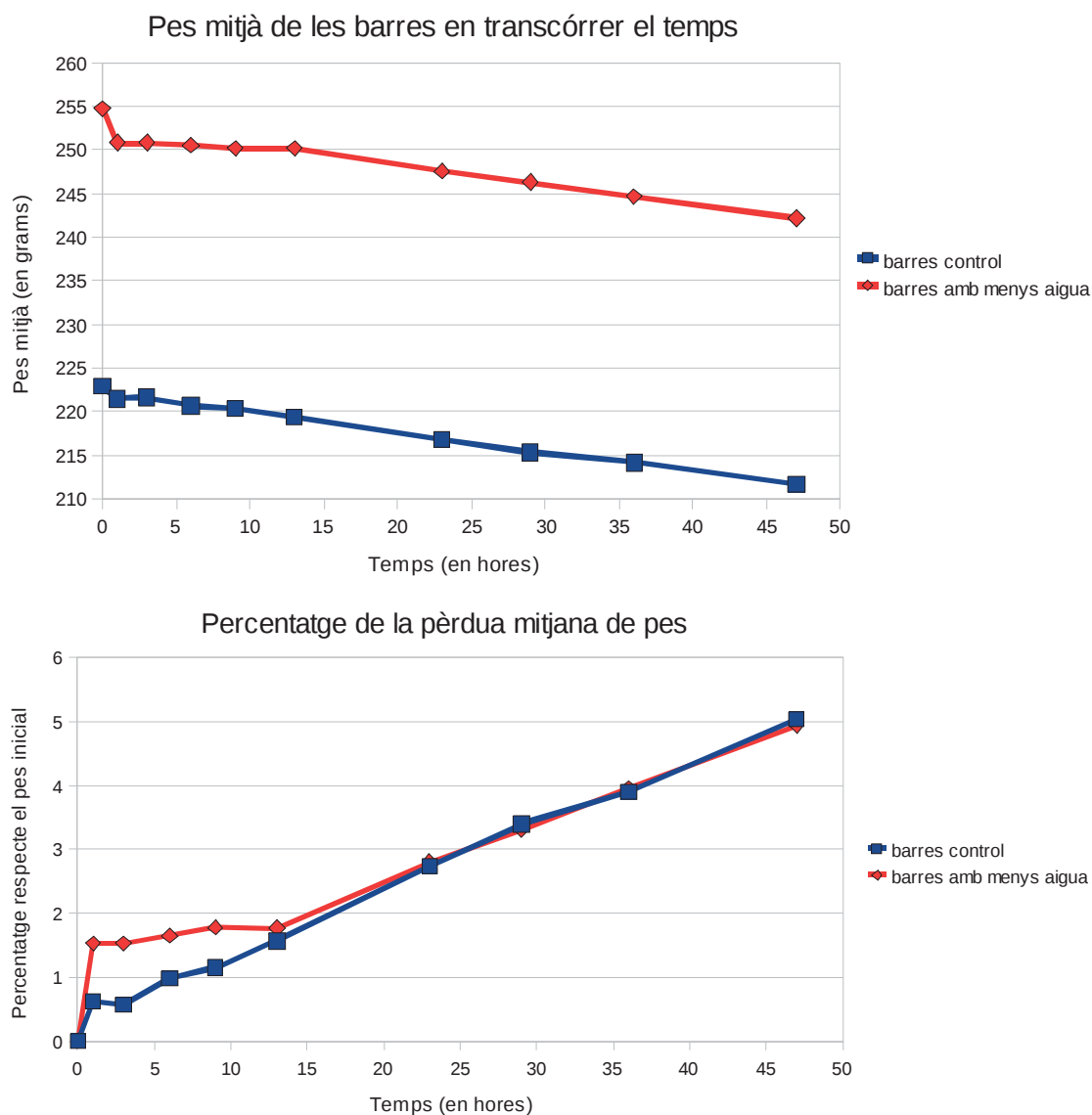
Evolució: abans d'arribar a les 24 hores, aquestes barres són molt més apetitoses per les característiques organolèptiques que presenten, però passat aquest temps la crosta s'engoma fins a tornar-se com de xiclet, la molla s'asseca ràpidament i s'endureix, perdent tot el gust i el pa ja no val res (no arriba als 2 dies de conservació).

Comparació:

Tal com s'ha descrit abans, les barres amb menys aigua resulten, d'entrada, menys apetitoses per al consumidor (aspecte i textura) i durant el primer dia, les barres control seran més lleugeres i gustoses. En canvi, passat aquest temps, les barres amb menys

aigua es mantenen amb unes característiques semblants a les del primer dia (tot i haver perdut més humitat), mentre que a les controls, al perdre l'aigua, se'ls hi endureix ràpidament la molla i la humitat es queda a la crosta que la fa incomedible. Així doncs, si es prioritza respectar les característiques pròpies de la barra de quart per sobre del grau de conservació, no es poden considerar una millora.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

Hom pot apreciar una gran diferència entre el pes inicial de les barres que contenen menys aigua respecte a les control (31,8g), fàcilment explicable si es té en compte que les noves barres contienien una proporció d'aigua inferior en la pastada i per tant, menys se n'ha evaporat durant la fermentació i sobretot, la cocció. En conseqüència, la diferència de pes entre ambdues no és més que la quantitat d'aigua de les barres control que s'ha perdut de més respecte a les de menys aigua durant el procés de panificació. No obstant, això no implica que les barres control al haver perdut més aigua, ara es notin

més seques, ja que el pes de més de les altres barres es troba en forma bàsicament de farina.

Comparació de l'evolució:

Les barres control pateixen una pèrdua molt més regular d'aigua, excepte la primera hora, on perden molta humitat i les següents, on fins i tot, passades 3 hores, guanya unes dècimes de gram. Aquest fenomen s'observa molt més acusadament en les barres amb menys aigua. Aquestes gairebé no perden aigua durant les 15 primeres hores (la perden tota durant la primera hora) però a partir d'aquest moment comencen a perdre-la a una velocitat pràcticament igual que les control i per tant, acaben igualant-se amb elles.

Comparació del pes final:

Per tant, tot i que sembli que al tenir menys aigua n'hagin de perdre menys, les barres amb menys aigua acaben tenint un comportament força similar, encara que el seu pes es mantingui per sobre de les control en tot moment. Convé recordar que això no vol dir que tinguin més humitat, i per això es pot esperar que el consumidor no aprecii cap millora significativa en la seva conservació.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUALITATIUS I QUANTITATIUS

Tot i que a nivell qualitatiu es percebi un canvi important en el comportament de les barres control (que s'engomen) i les que tenen menys aigua (que només s'assequen), la pèrdua final d'aigua és la mateixa. Ara bé, com que les barres control tenien una proporció d'aigua major inicialment és possible que un part s'evaporés i l'altra es quedés atrapada a la crosta, engomant-la; mentre que les segones, que ja es notaven més seques des de bon començament, han perdut aquesta poca aigua que tenien assecant-se, de tal manera que el resultat final ha acabat sent el mateix, tal i com mostra la gràfica.

Com s'ha dit al principi d'aquesta experiència, és bastant inviable augmentar la quantitat d'aigua però en canvi, reduir-la pot empitjorar les característiques del pa resultant (absència d'una crosta cruixent i brillant i d'una molla gustosa) i interferir poc amb la migració d'humitat posterior (la qual tampoc millora). D'aquí es dedueix que cada massa exigeix una quantitat d'aigua determinada que s'ha de respectar i si es vol incrementar o reduir, caldria canviar la farina emprada o el llevat.

10- SÍNTESI FINAL

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En aquesta darrera experiència s'han recollit un total de 4 millores (tant en conservació com en qualitat) obtingudes en les 9 proves anteriors per tal d'elaborar un pa final que es conservés el màxim de temps possible i en conseqüència, tingués la major quantitat d'aigua i en perdés la mínima, sempre que això no perjudiqués excessivament les seves característiques qualitatives. Es tracta doncs d'uns llonguets (núm. 4) fets amb més quantitat de massa mare (núm. 8) i de sal (núm. 6) i amb una cocció un punt inferior a l'habitual (núm. 1).

PROCEDIMENT

Tipus de barres	Sal	Massa mare	Aigua	Llevat en pastilla	Mides			Temps de cocció
			/kg de farina		Llargada	Diàmetre màx.	Circumferència màx.	
Llonguets finals	25g	50%	0,65L	2%	43 cm	10 cm	25 cm	30 min.
control	20g	15%	0,625L	3%	55 cm	7 cm	20 cm	35 min.

La fermentació dels llonguets ha estat d'unes 8 hores a 20-22°C com en l'experiència 8.

FOTOGRAFIES DELS RESULTATS



A l'esquerra, la control i el llonguet a la dreta.

A dalt, el llonguet obert està a l'esquerra i la control a la dreta.

A baix, dos llonguets per la cara superior i per la inferior.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUALITATIUS

Llonguets finals

Aspecte: D'un color marró clar i daurat bastant uniforme i brillant, tenen un format més ample i arrodonit (es consideren llonguets) i un grenyat bastant ample, obert i més aviat superficial. De fet, la forma no és massa regular i es noten més aviat aixafats, com si la massa fermentada s'hagués desinflat una mica al entrar al forn, tot i que també hi influeix el format que presenten.

Gust i textura: la crosta es presenta prima, cruixent i no gaire trencadissa, mentre que la molla, d'un color blanquinós transparent és aïrosa, amb un alveolat gran i molt humida (ja que no ha perdut tanta aigua durant la cocció). Aquest últim fet, juntament amb l'increment de sal i de llevat de massa mare, han contribuït a millorar notablement el gust del pa, que ara és molt més gustós i apetitós.

Evolució: durant les primeres 48 hores, s'aprecia un estovament progressiu de la crosta que al ser prima fa que sigui mengívola i no estigui engomada. Passat el primer dia, el gust intens de la molla ja no es nota tant perquè comença a perdre força humitat, tot i que en cap moment es nota dur. Així doncs, en arribar al segon dia, la molla encara està relativament tova, la crosta no costa de menjar, i si se suca amb oli o tomàquet que estoven la molla i l'humitegen es pot menjar perfectament (si no es fa, encara es pot menjar però es nota una mica sec). En aquest punt és on el consumidor agraeix una superfície gran de molla i poca crosta.

Barres control:

Aspecte: les barres control presenten, un cop més, un color entre daurat i marró brillant i amb canvis de tonalitat que el fan molt apetitós, a més d'un grenyat ample i profund, que potser aquesta vegada ha estat fins i tot excessiu. Aquesta vegada han sortit força primes, poc esquerdades i amb absència de bombolles inicialment, fet que indica com la humitat s'ha quedat a l'interior i com al fermentació ha estat més aviat escassa.

Gust i textura: al ser força primes, hi ha poca superfície de molla (lleugera, humida, d'alveolat gran i de gust suau) i força crosta, prima i molt cruixent.

Evolució: passat el primer dia, la crosta costa de mastegar perquè s'endureix i s'engoma i la molla s'asseca gradualment fins al punt en que, abans d'arribar al segon dia, el pa està incommestible, més ben dit, com un xiclet.

Comparació:

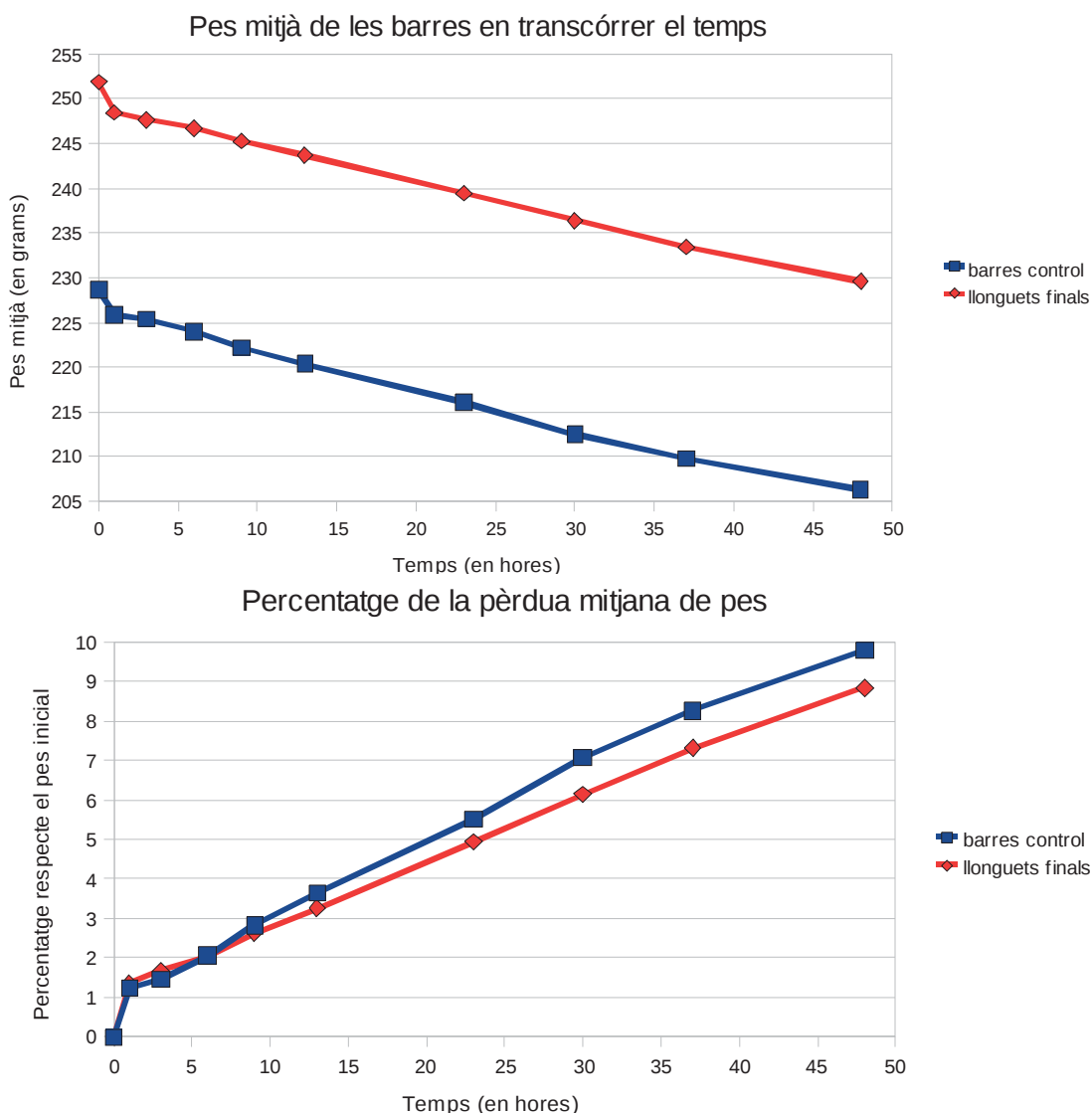
Per respondre a la pregunta sobre si els llonguets finals suposen una millora respecte les barres control, les habituals, cal tenir en compte tres aspectes:

- de cara a les característiques organolèptiques, es considera que s'ha aconseguit intensificar el gust del pa, gràcies al format que redueix la pèrdua d'aigua i a

l'augment de la quantitat de sal i de llevat de massa mare. En canvi, l'aspecte més irregular i el color no el fan tan apetitós; com també la crosta, no tan cruixent.

- No obstant, pel que fa la conservació, sí que s'ha que es pot afirmar que finalment s'ha aconseguit l'objectiu que es perseguia: una molla tova i humida durant més temps (2 dies) i una crosta que no s'endureix ni s'engoma excessivament i un gust que es manté al llarg de les hores. En definitiva, un pa que roman fresc durant més temps.
- Tanmateix, cal tenir present que per aconseguir-ho s'ha hagut de deixar de banda el format de la barra i passar al del llonguet (fet amb la mateixa massa que la barra, és clar) i això fa que visualment semblin pans diferents, encara que ambdós s'englobin dins de la categoria de pa comú, de la qual mai no s'ha sortit.

ANÀLISI DELS RESULTATS QUANTITATIUS



Comparació del pes inicial:

En la primera gràfica hom pot apreciar una diferència de pes de 23,2g, fenomen que també passar en els primers llonguets que es van fer, ja que al tenir menys superfície s'evapora menys aigua durant la cocció. En conseqüència, aquests llonguets presenten inicialment una proporció major d'aigua (és a dir, uns 23g més). A més, també hi ha

contribuït la reducció del temps de cocció, l'increment de la quantitat de llevat de massa mare i de sal, ja que en totes aquestes el pes inicial era superior al de les barres control.

Comparació de l'evolució:

Si inicialment aquests llonguets contenen més aigua, sembla evident que la pèrdua d'humitat haurà de ser major, tal i com ocorria en els llonguets anteriors i les barres menys cuites. No obstant, la pèrdua acabant sent lleugerament inferior a les control i això només pot ser produït per l'increment de la quantitat sal, ja que és l'únic dels quatre paràmetres canviats que ha suposat una millora en experiències anteriors. Tanmateix, convé tenir en compte que la pèrdua d'aigua és força elevada en ambdós casos, fet que es pot associar a les condicions ambientals del dia en que es va realitzar l'experiència.

Comparació del pes final:

Per tant, no només la proporció d'aigua és major inicialment (amb una gran diferència) sinó que també la pèrdua és relativament inferior, fet que demostra la bona conservació d'aquests llonguets. Així doncs, transcorregudes 48 hores, la diferència de pes roman pràcticament constant, de 23,3g. És doncs el primer pa que, partint d'una proporció certament major d'aigua, en perd fins i tot menys, de manera que el consumidor hauria de notar clarament aquesta millora.

COMPARACIÓ DELS RESULTATS QUALITATIUS I QUANTITATIUS

La reducció de la pèrdua d'humitat i la major proporció d'aigua en tot moment que mostren les gràfiques es corrobora perfectament a nivell qualitatiu. La molla es nota més humida durant més temps i això contribueix també a que no s'endureixi tan fàcilment. Tot i aquesta gran quantitat d'aigua, aquests llonguets tampoc s'engomen, ja que hi ha poca superfície de crosta i aquesta és molt prima, gràcies al format i la reducció del temps de cocció. Tanmateix, el consumidor va més enllà de la simple conservació i afirma que la major quantitat d'aigua, l'increment de la quantitat de sal i de llevat de massa mare potencien el gust del pa i fan que es mantingui durant més temps. A més a més, el format augmenta la quantitat de molla i l'aigua permet que sigui més flonja, de manera que el consumidor considera que la textura també millora. Malgrat tot, l'únic inconvenient és l'aspecte, que potser no arriba ser tan apetitós com en les control.

Sintetitzant, els canvis i millores estan molt entrelligats els uns amb els altres, ja que allargar la conservació implica millorar la textura i alhora el gust i tots aquests aspectes venen condicionats bàsicament per un denominador comú que és la quantitat d'aigua, la qual resulta ser decisiva per a obtenir un bon pa. Per tant s'ha de procurar sobretot que el pa arribi a les mans del client amb la major quantitat possible, ja que si bé és difícil reduir la migració d'humitat al llarg de les hores, sí que és possible minimitzar-ne les pèrdues durant el procés de panificació introduint-hi ingredients com el llevat de massa mare i la sal que la fixin millor.

3. ANALISI DE LES BARRES CONTROL

Tal i com ja s'ha esmentat a l'inici del treball, és difícil que 2 barres fetes aparentment de la mateixa manera però en dies diferents tinguin exactament les mateixes característiques. En conseqüència, les barres control que s'agafen com a referència pateixen lleugeres diferències, sobretot en dos aspectes: en l'aspecte i en la quantitat d'humitat i la seva pèrdua. Per això convé comparar les control de les diferents experiències entre elles a fi de determinar si les diferències són realment significatives. Per a les 10 experiències, només s'han fet servir 6 barres controls, ja que n'hi ha que s'han realitzat al mateix dia.

FOTOGRAFIES



-1-



-2-



-3-

D'esquerra a dreta:

- 1- controls de la cocció (núm. 1)
- 2- controls de la fermentació (núm. 2); natural (núm. 3) i forma (núm. 4)
- 3- controls del pagès (núm. 5) i la sal (núm. 6)
- 4- controls del motlle (núm. 7) i la massa mare (núm. 8)
- 5- controls de menys aigua (núm.9)
- 6- controls llonguets finals (núm. 10)

núm.: número d'experiència



-4-



-5-

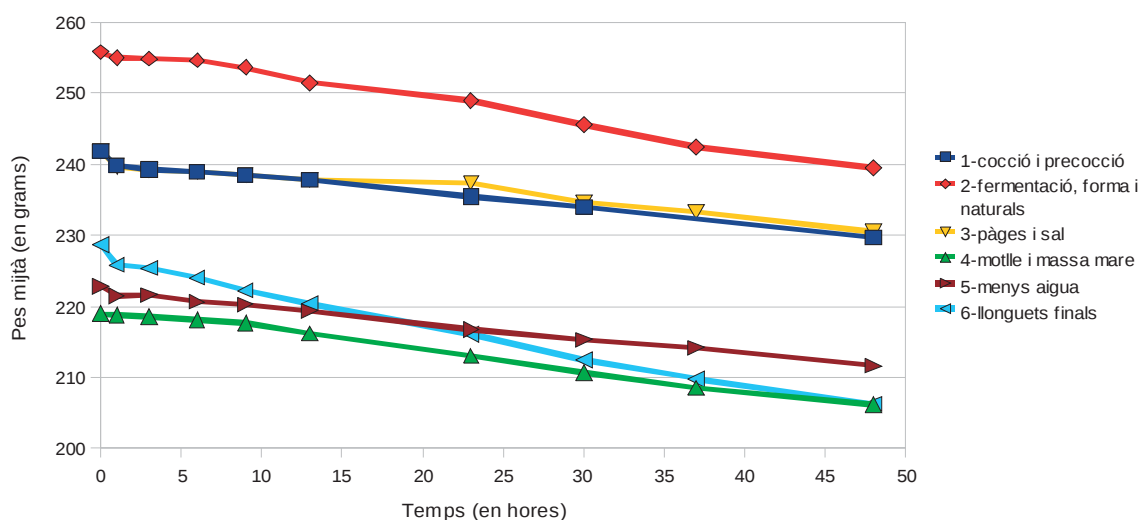


-6-

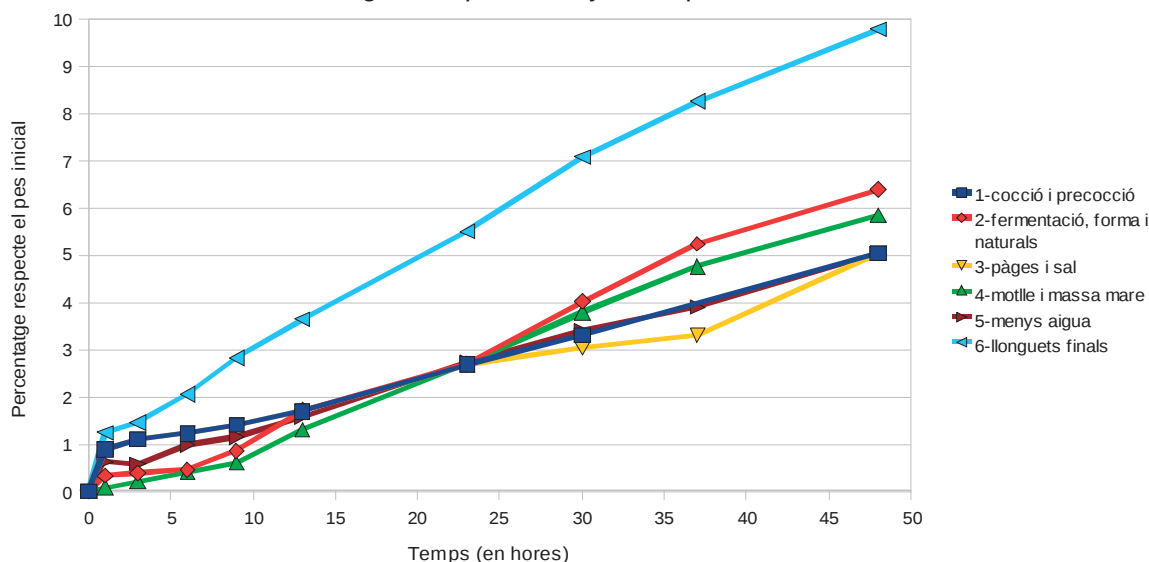
Els únics canvis que s'observen són les control 4 i 5, on el grenyat no és tan profund ni ample. La forma i el color de totes les control és pràcticament el mateix.

ANÀLISI DE LES GRÀFIQUES

Pes mitjà de les barres control en transcórrer el temps



Percentatge de al pèrdua mitjana de pes



Comparació del pes inicial:

El pes inicial varia uns 35 g entre les que pesen més i les que menys. De fet, es pot observar com hi ha una diferència considerable entre les barres control de les 3 primeres experiències (controls 1, 2 i 3) i el pes inicial de les 3 últimes experiències (controls 4, 5 i 6) (l'explicació a aquest fet es troba en el punt següent i fa que s'hagin de comentar aquests dos blocs per separat).

Comparació de l'evolució:

Gairebé totes perden entre un 5 i 6,5% de pes en forma d'aigua, tant si el pes inicial era major o menor. Malgrat tot, les barres control de l'experiència final arriben a perdre quasi bé el doble (a prop del 10%), fet que s'explica si es té en compte el pes inicial del qual parteixen, el qual és superior al de les controls del seu grup.

Comparació del pes final:

Transcorregudes 48 hores, aquests dos grups que hi havia al principi es mostren més clarament. En el primer grup, les barres control que tenen un pes major inicialment (2-fermetació, forma i natural) són les que perden més, mentre que les que pesaven menys inicialment no han perdut tant.

El mateix passa amb el segon bloc, on es pot observar que les barres controls dels llonguets finals (controls 6) perden molt més perquè tenen un pes superior a les del seu grup i acaben pesant el mateix que les control 4. Així doncs, tot i que la pèrdua sigui prou significativa, tampoc arriben a pesar menys que les del seu mateix bloc.

Influència de les condicions ambientals:

Les experiències s'han exposat amb el mateix ordre en que es van realitzar i hom pot notar com el pes inicial de les barres control no es manté constant cada vegada, diferenciant-se'n dos grans grups ja esmentats: les control 1,2 i 3 i les control 4,5 i 6.

Precisament, les experiències del primer grup es van realitzar durant el mes d'agost d'aquest any, on la temperatura era de 24,8°C de mitjana i la humitat relativa del 70,9%. Quan la humitat relativa es força alta, com passa a l'estiu, el pa és molt més propens a engomar-se i per contrarestar aquest fet es poden fer bàsicament dos canvis: o bé disminuir la quantitat d'aigua afegida a la pastada o bé allargar el temps de cocció, ambdues amb la finalitat d'aconseguir un pa amb menys humitat. En aquestes experiències, el pa contenia només 0,575L d'aigua per kg de farina, de manera que la proporció de farina era major i en conseqüència, el pes del pa un cop sortia del forn no havia perdut tanta aigua (pes inicial major) i estava més "sec", fet que es compensava amb una humitat ambiental més elevada que faria que el pa no perdés tanta aigua i per tant, no s'engomés tan fàcilment.

Per contra, el segon bloc de proves es van dur a terme al llarg del mes d'octubre, on les temperatures mitjanes eren de 19,6°C i la humitat relativa mitjana del 69%. El pa resultant doncs, tendiria a assecar-se i a refredar-se més ràpidament per la brusca diferència d'humitats i temperatures entre la molla i l'exterior, per la qual convé augmentar la dosi d'aigua fins a 0,625L/kg de farina però continuar coent-lo el temps habitual. Aquesta pa, amb una proporció major d'aigua, en perd més durant la cocció i resulta que el seu pes inicial està al voltant dels 220 g.

Per últim, cal tenir present que les diferències de temperatura i humitat també poden haver influït en el comportament de les barres al llarg de les hores, és a dir, en la seva conservació i és per aquesta raó que es compararan únicament aquelles fetes el mateix dia entre elles i les conclusions extretes seran independents d'experiències anteriors.

En el procediment de les barres, quan no s'especifiqui la quantitat d'aigua afegida, s'entendrà que es de 0,575L/kg de farina per a les experiències que utilitzin les controls 1,2 i 3; i de 0,625L/kg de farina per a les experiències on participin les controls 4, 5 i 6. Es tracta doncs d'una petita modificació que no influeix pràcticament en el resultat final de les barres, però és necessària per contrarestar les condicions ambientals que sí que les podrien modificar.

CONCLUSIONS

Des del punt de vista qualitatiu, les diferents experiències han permès relacionar 3 fenòmens que es donen simultàniament en el període de conservació del pa:

- l'asseccament o migració d'humitat
- l'enduriment o retrogradació del midó
- l'engomament o retenció de la humitat per part del gluten.

Després de l'observació del comportament del pa en les diferents proves, es pot concloure que:

- l'asseccament, que comença de seguida (al cap d'unes 7h), comporta un enduriment, apreciable a llarg termini (a partir de les primeres 24 h)
- s'ha aconseguit frenar molt l'enduriment (canviant l'emulgent pel E-471), però en canvi l'asseccament només es pot minimitzar fent que el pa tingui una proporció d'aigua major en sortir del forn. Ara bé, el canvi de l'emulgent no resulta factible, ja que allunya el pa de les característiques pròpies.
- l'engomament, que es dona sobretot a la crosta, es pot evitar canviant el format i es dona sobretot en els mesos de major humitat ambiental.

Per altra banda i des d'un punt de vista més quantitatiu, les gràfiques de cada experiència han permès arribar als punts següents:

- El pa amb un pes superior respecte els controls pot ser ocasionat per:
 - a) partint de la mateixa proporció d'aigua durant la pastada, unes barres en perden menys durant la cocció i per tant, la diferència de pes respecte les control és només quantitat d'aigua, que tenen en major proporció. Això ha passat en canviar el format i en reduir el temps de cocció.
 - b) Partint que les barres contenen menys quantitat d'aigua en la pastada que les control, no en perden tanta durant la cocció i acaben amb un pes superior que és de farina i no d'aigua. Això s'ha donat en les experiències en que s'ha disminuït la proporció d'aigua en la pastada.
- Pel que fa la pèrdua de pes, és a dir, d'humitat amb el transcurs de les hores, s'ha observat que aquelles barres que en sortir del forn tenen un contingut d'aigua superior (cas a)) en perdran més quantitat i per tant, més ràpidament. Per contra, com menys aigua tinguin menys en perdran.
- Durant les 6-8 primeres hores, la velocitat de pèrdua és inferior que després, ja que la crosta (que està més seca que l'ambient) absorbeix part de la humitat ambiental alhora que s'evapora al de la molla, produint-se un cert equilibri.

Un cop comparada aquesta informació amb la dels resultats qualitius, ha resultat que:

- el pes inicial és decisiu per determinar la futura conservació del pa, més que la pèrdua d'aigua, ja que el consumidor aprecia la quantitat d'humitat del pa en cada moment i per tant, la proporció d'aigua en les barres que s'estudien respecte la de les control.
- Mentre que la pèrdua d'aigua és un factor difícilment controlable, el que sí que es pot modificar és el pes inicial.
- De fet, per assegurar una bona conservació s'ha comprovat que la clau està en aconseguir un pes inicial tan alt com sigui possible, sempre i quan això signifiqui una major proporció d'aigua, tot i que la pugui perdre més ràpidament.
- Un augment en la proporció d'aigua es pot fer de dues maneres:
 - a) incrementant la capacitat d'absorció d'aigua de la massa durant la pastada amb substàncies que alhora també la fixin millor evitant força l'evaporació durant la resta del procés de panificació. Això s'ha produït en incrementar la quantitat de sal i de llevat de massa mare.
 - b) reduint la pèrdua d'humitat durant la cocció per evaporació a causa de les altes temperatures, fet que ha estat possible gràcies a un canvi de format i una reducció del temps de cocció

Per tant, es pot concloure que en l'última experiència el pa ha aconseguit conservar-se durant més temps, ja que en les seves gràfiques el seu pes és superior en tot moment a les control (encara que la pèrdua sigui molt semblant), i en conseqüència, el seu contingut d'humitat també ha estat major.

En efecte, en la prova final sí que s'ha aconseguit el darrer objectiu que es perseguia: un pa amb un grau de conservació major (de conservar-se 24 hores ha passat a conservar-se'n 48) sense que això perjudiqui excessivament les seves característiques organolèptiques. De fet, se n'ha millorat alhora el gust i en certa mesura la textura, tot i que això hagi repercutit en l'aspecte (no tan apetitós). Ha frenat sobretot l'enduriment i l'engomament, però també força l'assecamment.

Així doncs, de tots els factors que influeixen en la conservació i han resultat viables de portar a la pràctica (un total de 9), només 4 han respòs positivament en analitzar-los. Cal tenir en compte que molts d'ells allargaven la conservació però per altra banda, s'allunyaven excessivament de les característiques pròpies d'aquest tipus de pa i s'havien de rebutjar. Per tant, les millores aplicades al pa de l'experiència final han resultat ser les següents (ja que precisament eren les úniques capaces de retenir més humitat):

- increment de la quantitat de sal (de 25g/kg de farina)
- increment de la quantitat de llevat de massa mare (del 50%)
- temps de cocció inferior (5 minuts per sota del punt òptim de cocció)
- forma arrodonida del llonguet (uns 30cm de llarg i 10cm d'ample)

Per la seva banda, les gràfiques han estat una bona eina per ampliar les explicacions sobre la conservació del futur pa, però en cap moment han estat suficients per determinar

i preveure'n el comportament, ja que proporcionen una informació molt més limitada i concreta. Tot i així, sí que han pogut explicar la conservació del pa en tot moment d'acord i coherentment amb l'anàlisi qualitatiu, el qual era qui finalment determinava si els canvis suposaven una millora o no.

És més, les gràfiques on s'han comparat les barres control fetes en dies diferents han demostrat que:

- Només la bàscula és capaç d'apreciar variacions en la quantitat d'humitat de les barres control fetes en dies diferents, ja que per al consumidor passen pràcticament desapercebudes.
- la temperatura i la humitat ambientals tenen un paper decisiu en el procés de panificació en si mateix i en la conservació de les barres. De fet, perquè la conservació i les característiques de les barres no en surtin perjudicades, la quantitat d'aigua incorporada en la pastada es redueix si hi ha excés d'humitat i al revés.

El pa és doncs, tal i com s'ha mencionat al principi, un producte molt sensible i variable, fet que complica qualsevol tipus d'estudi. La regularitat en la producció és en certa manera possible per a les grans indústries, però quan les proves es realitzen manualment, encara és més difícil extreure'n conclusions generals a partir de comparacions concretes i encara més, sobre la conservació.

Però precisament per això, aquest és un camp on encara queda molta recerca per fer, amb anàlisis més complets que puguin superar aquest fet inevitable: "la vida útil del pa continua sent, des de fa molts anys, només d'uns pocs dies".



Resultat final (pa de 48 hores de conservació)

BIBLIOGRAFIA

FONTS DOCUMENTALS

- Bibliografia:

CAUVAIN, Stanley; YOUNG, Linda. *Fabricación de pan*. Saragossa. Acribia S.A., 2002.
(títol original: *Technology of breadmaking*; 1998)

Utilitzat per elaborar la major part de la cerca documental.

QUAGLIA, Giovanni. *Ciencia y tecnología de la panificación*. Saragossa. Acribia S.A., 1991.
(títol original: *Scienza e tecnologia della panificazione*)

Utilitzat per elaborar la major part de la cerca documental.

CALAVERAS, Jesús. *Tratado de panificación y bollería*. Madrid. A. Madrid Vicente Ediciones: Mundi-Prensa Libros S. A., 1996

Utilitzat per elaborar la major part de la cerca documental.

BARRIGA, Xavier. *Panadería artesana, tecnología y producción*. Barcelona. Montagud Editores, S. A., 2003

Utilitzat per elaborar la major part de la cerca documental.

STRASBURGER, Eduard; et. al. *Tratado de botánica*. Barcelona. 6ª edició. Marín, 1974

Utilitzades les pàg. 485-486 sobre característiques i reproducció del llevat per a l'apartat del llevat.

- Webgrafia:

http://sie.fer.es/esp/Asociaciones/Industria/Industria_Alimentacion_Bebidas/Industrias_Pan_Pastelerias_Heladerias/Asociacion_Fabricantes_Pan/RD_113784_Aprueba_RTS_fabricacion_circulacion_comercio_pan_panes_especiales/webDoc_3320.htm

Publicada per Federación de Empresarios de la Rioja

Aquesta web conté tota la Reglamentació Técnico Sanitaria actualment vigent a l'Estat espanyol en matèria de panificació. S'ha utilitzat per a la denominació i qualitat del pa, per a la definició de farina i de llevat i per a la classificació dels millorants.

Els articles següents publicats per Francisco Tejero en el seu web (assessor tècnic en panificació):

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/formado/formado%20del%20pan.htm>

Utilitzat per l'apartat del format

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/defectos%20en%20la%20fermentacion.htm>

Utilitzat per l'apartat de cocció.

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/elaboracion%20pan%20levadura%20natural.htm>

Utilitzat per l'apartat del llevat.

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/levadura1.htm>

Utilitzat per l'apartat del llevat i fermentació.

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/harinas/defectos en las harinas trigo.htm>

Utilitzat per l'apartat de farines

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/acido%20ascorbico.htm>

Utilitzat per l'explicació de l'àcid ascòrbic en el capítol de millorants

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/las%20emulsiones.htm>

Utilitzat per l'explicació dels emulgents en el capítol de millorants

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/las%20encimas.htm>

Utilitzat per l'explicació dels enzims amilàsics en el capítol de millorants

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/los%20mejorantes.htm>

Utilitzat pel capítol de millorants

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20conservacion/el%20revenido.htm>

Utilitzat per explicar pel capítol de conservació del pa

<http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20produccion/La%20mecanizaci%F3n%20y%20la%20calidad%20del%20pan.htm>

Utilitzat per l'apartat de pa artesanal i pa industrial

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/03/26/175613.php>

Publicat per Eroski-Consumer

Utilitzat per a l'explicació sobre l'aigua lliure en l'apartat de l'envelliment del pa

<http://cdavies.wordpress.com/2006/10/05/starch/>

Publicat per Word press.

S'ha utilitzat per a l'explicació sobre la retrogradació del midó i la figura que hi apareix per a l'apartat de l'envelliment del pa.

<http://www.panaderia.com/articulos/view/mejorantes-panarios>

Publicat pel Grupo Vilbo (editorial especialitzada en productes de la gastronomia professional)

Utilitzat per al capítol de millorants

http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=964

Publicat per Delta Enfoque, S.A. (empresa mexicana de comunicació especialitzada en la indústria d'aliments)

Utilitzat per al capítol de millorants

http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf

Publicat per la Universitat Tecnològica de Mixteca com a article de la revista de divulgació científica "Temas de ciencia y la tecnología".

Utilitzat per a l'apartat de farina i se n'ha extret la figura de l'alveograma.

<http://www.revistalabarra.com.co/larevista/Edicion-29/especial-del-pan/pan-artesanal-siguiendo-la-tradicion.htm>

Article publicat per la Barra, revista especialitzada en temes d'alimentació.

Utilitzat per a l'apartat de pa artesanal i pa industrial.

<http://www.muehlenchemie.de/espanol/know-how/glosario.html>

Publicat per Mühlenchemie, empresa que fabrica millorants per a farines.

Utilitzat per a la definició de nombrosos conceptes de panificació.

- Fonts orals:

Enrique Medina, director de l'Escola de Forners de la fundació privada Gremi de Flequers de Barcelona, per la informació proporcionada per omplir la taula de les característiques del pa i per l'apartat de pa artesanal i pa industrial.

Josep Boatella, cap del departament de Bromatologia de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona, per l'explicació sobre l'envelliment del pa en profunditat.

Albert Monferrer, veterinari i director tècnic de la BDN (Ingeniería de Alimentación, S.L.), per resoldre tota una sèrie de qüestions relacionades amb l'apartat de l'envelliment del pa.

Marina Diana, professora de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona, per una ampliació sobre el comportament del midó al llarg del procés de panificació i sobre la influència del llevat de massa mare en la conservació del pa.

AGRAÏMENTS

Aquest treball de recerca mereix un primer i especial agraïment al meu tiet Joan Utgés, pastisser, forner i propietari de *La Pastisseria* de Terrassa, ja que sense ell no hauria estat possible dur a terme aquesta investigació.

En segon lloc, al Josep Terrades, forner i responsable de l'obrador del pa, ja que aquest espai ha estat el protagonista de tota la recerca. De fet, a tots els forneres que hi treballen, que m'han donat un cop de mà en tot el que he necessitat, especialment al Sergio Alcazar. Així doncs, darrere de tot el pa que s'ha elaborat única i exclusivament per aquesta recerca hi ha tot un equip de professionals que s'ha hagut de coordinar.

També el meu agraïment a tots aquells que m'han resolt dubtes, sobretot de la part teòrica, com són l'Enrique Medina, director de l'Escola de Forners de Barcelona, el Josep Boatella, cap del departament de Bromatologia de la facultat de Farmàcia de la UB, Marina Diana, professora de la UB i Albert Monferrer, veterinari i director tècnic de BDN Ingeniería de Alimentación, S.L.

No només a tots ells, sinó també a l'institut Poeta Maragall, perquè facilitar-me els instruments de mesura i a la biblioteca de la Facultat de farmàcia per poder accedir als llibres de consulta, fet que no és fàcil per a un estudiant de batxillerat.

I per descomptat, a la meva tutora del treball, la Judith Fuguet, qui ha estat darrere del treball en tot moment, pel munt d'hores esmerçades en revisar-lo pas a pas.

ANNEX: fulls de registre

TEMPS	A1	A2	A3*	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
0	233,1	234,8	247,4	233,3	237,6	239,8	229,3	225,2	227	223,1	233,1	235,5
1	231,5	232,8	245,2	230,7	235,1	238,1	227,8	223,9	225,8	222,3	232,3	234,7
3	231,2	232,3	244,4	230,2	234,1	237,1	227,3	223,6	225,4	222,5	232,4	234,6
6	230,9	232,3	243,8	229,8	233,7	236,4	227,3	223,6	225,2	222,3	232,3	234,6
10	230,6	231,5	243,3	229	232,6	235,4	226,6	223,2	225	221,9	231,7	234,1
14	229,6	231,2	242,8	228,3	231,6	234,2	226,1	222,8	224,2	221,2	231,1	233,5
23	227,2	229	240,2	226,1	228,3	231,6	224	220,4	222	219,4	229,2	231,1
30	225,8	227,2	238,9	224,3	226,6	229,5	222,1	218,1	219,9	218	228	229,4
47	221,6	221,8	234	220,5	221,4	224,4	219,2	215,1	215,4	215,2	223,6	226,4

A: control 1

B: menys cuites

C: més cuites

D: precuites

Les barra A3, al tenir uns valors molt allunyats de les altres dues A1 i A2 (possiblement per un error en l'etapa de la pesada i divisió) no s'ha utilitzat per elaborar les gràfiques, ja que això provocava una incoherència l'hora d'analitzar els resultats.

TEMPS	E1	E2	E3	F1	F2	F3	G1	G2	G3
0	255,87	255,69	255,96	250,5	250,2	254	251,6	261,5	253
1	254,88	254,88	255,24	249,3	248,9	252,9	250,7	260,3	252
3	254,79	254,7	255,06	249,2	248,8	252,7	250,2	259,6	251,5
6	254,43	254,52	255,06	248,8	248,5	252,4	249,9	259	251
9	253,35	253,53	254,07	248	247,7	251,9	249,2	257,9	249,5
13	251,19	251,55	251,64	246,8	246,6	251,2	248,6	256,3	247,8
22	247,32	249,3	250,2	245,9	244,5	248	246,7	253,9	244,7
29	245,07	245,79	245,79	244,5	242,2	246,4	245,9	252,1	241,9
37	242,1	242,91	242,28	240,3	240,5	243,3	242	249	240,6
48	239,4	239,4	239,67	238,4	237,8	239,4	240,4	245,8	236,8

E: Control 2

F: més fermentades

G: menys fermentades

TEMPS	H1	H2	H3	I1	I2	I3	J1	J2	J3
0	259,8	267,8	255,4	271,5	271,7	273,8	284,3	284,1	284,4
1	258,3	265,6	253,9	270,6	270,3	272,4	283,2	283,2	283,6
3	258	265,2	253,4	269,9	269,8	272,1	283,1	283	283,4
6	257,2	264,3	252,8	269,1	269	271,3	282,7	282,8	283,4
9	256,3	263,4	251,6	268,2	268,4	270,5	281,5	281,7	282,3
13	255	261,4	249,9	266,4	266,4	268,9	279,1	279,5	279,6
22	251,7	258,9	246,6	261,8	262,2	264,7	274,8	277	278
29	249,4	256,3	244,9	258,6	258,3	262,3	272,3	273,1	273,1
37	246,4	253,3	242,2	255,8	255,4	259,8	269	269,9	269,2
48	244,4	250,1	236,9	252,3	252,1	256,2	266	266	266,3

H: naturals

I: llonguets

J: més llargues

TEMPS	K1	K2	K3	L1	L2	L3	M1	M2	M3	N1	N2	N3
0	238,6	239,7	247,2	247,3	241,2	240,3	249	245,2	242,5	253,2	249,4	251,4
1	236,4	237,7	245,1	245,5	239,3	238,6	246,6	243,2	241,1	250,9	249,4	247,2
3	236,1	237,2	244,3	245,5	239,3	238,6	246,3	243	241	250,7	249,3	246,8
6	235,8	237,2	243,7	245,5	239,3	238,5	245,4	242,1	240,2	250,4	249,1	246,8
9	235,5	236,7	243,2	244,4	238,3	238,1	244,1	240,7	238,9	249,7	248,9	246,5
13	234,5	236,1	242,7	244	238,5	238,2	243,2	239,7	237,9	249,5	248,2	245,9
22	232,1	239,9	240,1	241,4	237	235,9	239,7	235,6	233,7	247,4	244,9	243,8
29	231,1	233,7	239	240,3	235,9	234,1	237,4	232,9	231,6	246,3	243,5	242,6
37	230	231,7	238,2	239,2	234,5	232,7	232,7	231,5	229,7	245,3	241,6	241,7
48	228	229,2	234,3	237,7	232,5	230,3	230,3	228,9	227,6	242,8	239,2	240,1

K: control 3

L: més sal

M: sense sal

N: pa de pagès

TEMPS	O1	O2	O3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
0	215,5	218,5	222,9	233,6	232,1	238,2	245,1	234,5	240,7
1	215,1	218,5	222,8	233	231,2	237,4	243,7	232,9	239,2
3	214,9	218	222,7	233,5	231,5	237,7	243,8	233,1	239,4
6	214,6	217,4	222,3	233,4	231,7	237,6	243,2	233	238,5
9	214,2	216,9	221,9	233,2	231,5	237,4	243,1	232,6	238,7
14	212,9	215,3	220,2	232,6	230,9	236,9	241,6	231,2	237,2
24	210,2	211,7	217,3	230,2	228,8	234,7	238	228,6	234,3
30	207,8	209,3	214,9	228,4	227,2	233,2	235,5	226,1	231,9
37	205,7	207,2	212,7	226,5	225,6	231,3	233,5	223,8	229,5
47	203,7	204,8	210	224,3	223,6	228,8	230,5	220,8	226,2

O: control 4

P: pa de motlle

Q: massa mare

TEMPS	R1	R2	R3	S1	S2	S3
0	220	227	221,6	254,7	254,4	255
1	219	225,5	219,9	250,2	250,6	251,6
3	219	225,8	220	250,6	250,8	251
6	218	224,5	219,5	250	250,5	251
9	217,7	224,2	219	249,5	250,1	250,9
13	216,8	223,3	218	249,6	250,6	250,4
23	214,1	220,6	215,6	247,4	248	247,3
29	212,8	219,2	213,9	245,9	246,8	246,1
36	211,5	218	213	244,5	245,1	244,3
47	208,9	215,4	210,6	241,7	242,8	241,9

R: control 5

S: menys aigua

TEMPS	T1	T2	T3	U1	U2	U3
0	229,4	228,2	228,5	252,6	254,6	259,3
1	226,5	225,1	226	249,3	251,8	256,4
3	226	224,5	225,6	248,9	251,5	255,9
6	224,6	223,2	224,2	248,3	250,8	255,2
9	222,8	221,5	222,4	247	249,5	254
13	221,1	219,6	220,4	246	248,5	252,9
23	217	215,5	215,8	242,5	245,2	249,6
30	213,3	211,8	212,4	239,9	242,5	247
37	210,7	209,1	209,6	237,7	240,5	245
48	206,9	205,8	206,2	234,9	237,7	242

T: control 6

U: llonguets finals