Resum

La deshidratació és un mètode de conservació d'aliments consistent en reduir el seu contingut d'aigua, amb el que s'inhibeix la proliferació de microorganismes i es retarda la pèrdua de qualitats organolèptiques.

L'objectiu del projecte és utilitzar aquesta tècnica amb una altra finalitat: reduir el contingut d'aigua del peix per després donar-li un altre sabor mitjançant la rehidratació.

En primer lloc, per entendre la motivació del projecte i el seu impacte potencial, es fa una breu exposició de les tendències actuals en alimentació i la situació de la pesca a nivell mundial.

Amb l'esperit de fer més intel·ligible la temàtica del projecte, es realitza una explicació teòrica sobre les tècniques de deshidratació utilitzades en la realització del projecte.

Per assolir l'objectiu del projecte es realitzen una sèrie de proves de deshidratació amb truita, que és l'espècie de peix objecte d'estudi. Per dur a terme aquestes experiències s'han fet un seguit d'operacions per preparar un entorn adaptat a les necessitats de les proves. Es porten a terme tres tipus d'experiments en la cerca d'una metodologia que permeti obtenir els resultats esperats. Paral·lelament es fa una anàlisi termoenergètic de les proves realitzades.

Un cop provat que és possible afegir un altre sabor a una truita deshidratada es fa el disseny d'una planta pilot de producció de truita amb un sabor diferent al seu propi.

Com a conclusions, se'n pot extreure l'èxit en la obtenció d'una truita a la que se li ha afegit un altre sabor per tal d'augmentar el seu valor comercial. Tanmateix, s'ha de puntualitzar que les dues primeres metodologies de deshidratació utilitzades no han donat uns resultats satisfactoris.

Sumari

RESUM 1

SUMARI 3

1. GLOSSARI 5

2. INTRODUCCIÓ 7

2.1. Objectius del projecte 7

2.2. Abast del projecte 7

3. TENDÈNCIES ACTUALS EN ALIMENTACIÓ 9

4. SITUACIÓ ACTUAL DE LA PESCA 11

4.1. Justificació de l'elecció de la truita 14

5. INTRODUCCIÓ A LES TÈCNIQUES DE DESHIDRATACIÓ UTILITZADES 15

5.1. Deshidratació amb corrent d'aire forçat 16

5.2. Deshidratació per congelació al buit 20

6. REHIDRATACIÓ 27

7. REALITZACIÓ DE PROVES DE DESHIDRATACIÓ EN UN ENTORN PREPARAT 29

7.1. Preparació de la mostra 29

7.2. Preparació de l'entorn per realitzar les proves de deshidratació 30

7.2.1. Deshidratació amb corrent d'aire forçat a una cambra frigorífica 30

7.2.2. Deshidratació amb corrent d'aire forçat a una nevera 32

7.2.3. Deshidratació per congelació al buit 33

7.3. Realització de les proves de deshidratació 38

7.3.1. Primera prova 38

7.3.2. Segona prova 40

7.3.3. Tercera Prova 41

7.3.4. Quarta Prova 42

7.3.5. Cinquena Prova 43

7.3.6. Sisena Prova 44

7.3.7. Setena Prova 46

7.3.8. Vuitena Prova 49

7.3.9. Novena Prova 52

7.3.10. Desena Prova 58
7.3.11. Conclusions de les proves 64

8. ANÀLISI TERMOENERGÈTIC DE LA DESHIDRATACIÓ 65

8.1. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació amb corrent d'aire forçat a una cambra frigorífica 65
8.2. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació amb corrent d'aire forçat a una nevera 67
8.3. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació per congelació al buit 68
8.3.1. Anàlisi termoenergètic del filet deshidratat per convecció al congelador....68
8.3.2. Anàlisi termoenergètic del filet/s deshidratat/s per buit....68

9. DISSENY D'UNA MÀQUINA DE DESHIDRATAR PEIX. PROPOSTA D'UNA PLANTA PILOT PER DESHIDRATAR TRUITA 71

9.1. Obtenció dels filets de truita 71
9.1.1. Màquina per tallar el cap i la cua....72
9.1.2. Màquina de filetejat....73
9.2. Deshidratació per congelació al buit 74
9.2.1. Selecció de la màquina de deshidratar 75
9.2.2. Adaptació de la màquina de deshidratació per buit a la deshidratació de truita 80
9.3. Rehidratació de la truita afegint un sabor 81

10. ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL 83

10.1. Realització de les proves 83
10.2. Elaboració de la memòria 83
10.3. Període d'explotació de la planta pilot 83
10.4. Final d'explotació de la planta pilot 84

11. ANÀLISI ECONÒMIC 85

CONCLUSIONS 87

AGRAÏMENTS 89

BIBLIOGRAFIA 91

1. Glossari

- Sublimació: canvi d'estat de l'aigua provocat per unes condicions especials de temperatura i pressió. L'aigua es transforma directament de gel a vapor d'aigua sense passar per l'estat líquid.

- Contingut d'humitat d'equilibri: és el contingut d'humitat que té un producte quan està en estat d'equilibri amb l'aire que l'envolta, degut a que la pressió de vapor del producte i de l'aire són iguals.

- Temperatura eutèctica: és la temperatura a partir de la qual l'aigua lligada a la matriu sòlida del producte congela.

- Temperatura de col·lapse: temperatura a la que es col·lapsa l'estructura d'un aliment, provocant una pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques.

- Activitat de l'aigua:es defineix com la relació entre la pressió de vapor d'un aliment i la pressió de vapor de l'aigua a la mateixa temperatura. És el percentatge d'aigua de l'aliment disponible per reaccions metabòliques.

- Propietats organolèptiques: són el conjunt de descripcions de les característiques físiques dels aliments segons les pot percebre l'home, com per exemple, el seu sabor, olor, textura o color.

2. Introducció

Aquest projecte sorgeix de la voluntat de solucionar el problema que hi ha actualment amb la gran quantitat de rebuigs de peix que provoquen les tècniques de pesca existents. Aquest fet és especialment preocupant tenint en compte que s'ha arribat a un nivell de sobreexplotació de pesca a nivell mundial, amb el que és possible que en un futur pròxim hi hagi problemes d'abastament de peix.

2.1. Objectius del projecte

L'objectiu del projecte és aconseguir millorar el sabor de la truita per augmentar el seu valor comercial. Es pretén demostrar que aplicant tècniques de deshidratació per fred es pot aconseguir incorporar un altre sabor a la truita, alhora que es mantenen intactes les propietats organolèptiques del producte.

2.2. Abast del projecte

L'abast del projecte comprèn la realització de les accions necessàries per obtenir una truita amb un sabor diferent a l'original: la preparació d'un entorn on portar a terme proves de deshidratació de la truita, la realització de dites proves i la posterior rehidratació del producte obtingut. A part, es contempla fer un anàlisi termoenergètic de la deshidratació aplicada en les proves.

Així mateix, queda dins l'abast del projecte el disseny d'una planta pilot de producció de truita on dur a terme proves més exhaustives com a pas previ a la comercialització de truita amb el sabor modificat.

Queda fora de l'abast del projecte l'estudi de la deshidratació d'espècies de peix diferents a la truita. Tampoc es realitza un anàlisi nutricional del producte obtingut.

Així mateix, no es contempla la construcció de la planta pilot durant la realització del projecte.

3. Tendències actuals en alimentació

En la societat actual el ritme de vida és molt alt i el temps lliure és un bé molt preuat i escàs. Fruit d'aquest nivell de vida es dedica molt menys temps a preparar el menjar que tradicionalment. Un aspecte clau per entendre aquest canvi de tendència en el temps dedicat a cuinar és que la situació clàssica de les famílies ha canviat. La incorporació de la dóna al món laboral experimentada els últims anys ha provocat que en moltes de les famílies treballin tant l'home com la dona. Això provoca que es dediqui molt poc temps a cuinar després d'una dura jornada de treball. Segons la *Encuesta de Empleo del Tiempo,* realitzada al 2009 per l'INE (Instituto Nacional de Estadística) [1] a Espanya es dediquen de mitja 55 minuts al dia a preparar menjars de mitja.

En aquest context, han adquirit un paper important els menjars congelats i preparats,ja que requereixen poc temps en ser cuinats en el cas dels congelats o ja estan llestos pel consum en el cas dels preparats. Segons l'estudi Nielsen Consumer Survey del 2006 [2], portat a terme per l'empresa d'investigació de mercats AC Nielsen, el 14% dels espanyols compra menjars preparats regularment, mentre que un 48% ho fa ocasionalment. A Europa hi ha uns percentatges semblants, del 15% i 39% respectivament. La mitja global és d'un 20% i un 45% respectivament. El motiu principal per comprar menjar preparat és la falta de temps per preparar-lo, esgrimit per un 84% dels espanyols, mentre que a Europa aquest percentatge és del 77%.

Per altra banda, a Espanya existeix una problemàtica en el consum de peix. Espanya és un dels països on es consumeix més peix. Concretament, ocupa el quinzè lloc en la llista mundial de consum mig publicada per FAO (Food and Agriculture Organization) [3] segons dades del 2007 amb 42,7 kg/persona/any, un valor molt superior a la mitjana mundial, que és de 16,3 kg/persona/any. Malgrat això, la distribució de consum per edats mostra grans diferències. Els nens són amb diferència el sector de la població que menys peix menja. Segons dades del I Estudio Nacional Pediasure sobre Niños Malcomedores, publicat al 2009 per l'Observatori de la Nutrició Infantil Abbott [4], el 44% dels nens amb edats compreses entre 1 i 10 anys presenta un fort rebuig vers el peix i el 23% no en menja mai. Això afecta a les famílies amb fills, que mostren un consum de peix sensiblement menor a la mitjana.

El rebuig al peix és un problema comú en la infància, ja que és una etapa en la qual existeix una forta reticència entorn certs aliments, com el mateix peix o verdures i llegums. Per altra banda, els pares no cuinen tant peix en trobar-ho perillós pels seus fills. Durant l'etapa adulta, encara que en menor grau, també es presenta un rebuig vers el consum de peix per una part de la població. Entre les causes d'aquest rebuig en destaquen tres:

- Les espines: és el principal motiu pel qual els nens refusen menjar peix. Els nens troben molest haver de separar les espines del peix i tenen por de tragar-se-les o d'ennuegar-se amb aquestes

- El sabor: hi ha molta gent que troba el peix insípid comparat amb altres aliments, mentre que d'altres troben el sabor i l'olor d'alguns tipus de peix massa fort, sobretot en el cas del peix blau

- Poca sensació de saciat: el tipus de proteïna característica del peix provoca que aquest sigui més fàcil de digerir que la carn. Això fa que a les poques hores es tingui la sensació de tenir l'estómac buit. Tanmateix, això depèn del contingut en grassa del tipus de peix (essent el peix blau el de més contingut en grassa i, per tant, de digestió més lenta), de la forma de cuinat i de l'acompanyament que porti

Una possible solució que es presenta davant d'aquesta problemàtica és fer més atractiu el peix per afavorir el seu consum. Hi ha diferents maneres d'assolir aquest objectiu, com per exemple, utilitzar determinades formes de preparació que atenuïn el sabor del peix (arrebossar, acompanyament de salses...). En aquest projecte la solució proposada és la producció de filets de peix sense espines i amb un sabor o fins i tot color més atractiu pel consumidor.

4. Situació actual de la pesca

Actualment s'ha arribat al màxim nivell d'explotació dels recursos piscícoles al món. L'expert Daniel Pauly, un expert mundial en pesca, exposa clarament aquesta situació en una entrevista a La Vanguardia [5]. Dels anys 50 als 80, la superfície de pesca es va ampliar un milió de km^2 a l'any. De 1980 a 1995 va passar a créixer 3 milions de km^2 a l'any. Ara ja ha deixat de créixer. S'ha perdut el concepte de pesca local tradicional, i avui en dia s'està pescant a tots els racons del món d'una manera descontrolada, en molts casos utilitzant tècniques de pesca molt poc respectuoses amb el medi marí. Per exemple, a Espanya hi ha uns 7879 kilòmetres de costa, segons dades del IGN (Instituto Geográfico Nacional) [6] i 38920 kilòmetres de rius. Així i tot, s'envien vaixells arreu del món per tal d'extreure el màxim benefici possible.

La utilització de les tècniques de pesca existents està alterant els fons marins. Dins el grup de tècniques de pesca destructives s'ha de destacar la pesca per arrossegament. Amb aquesta tècnica es destrossen els fons marins, inhabilitant-los per una futura repoblació, i, a més, es produeix gran quantitat de rebuigs. Per exemple, amb aquesta tècnica el lluç o el bacallà representen només un 40% del total de peix pescat, és a dir, generen uns rebuigs del 60%. Això suposa uns 20 milions de tones de peix malgastat a l'any. En aquesta situació, el peix s'anirà encarint fins a esdevenir un article de luxe, i les espècies s'aniran extingint perquè no s'ha respectat el seu cicle normal de reproducció.

Com s'ha comentat, un dels principals problemes existents a la pesca actual és el gran número de peixos que es descarten. A una mateixa àrea de pesca conviuen diverses espècies, complicant molt la pesca d'una única espècie sense capturar d'altres accessòries. Aquestes captures es tornen a llençar al mar sense ésser desembarcades del vaixell per un seguit de raons relacionades amb aspectes econòmics o amb limitacions de quotes. El fet d'haver de descartar peixos suposa un malbaratament de recursos (temps i esforç) pel pescador. A més, té un seguit d'efectes negatius en el medi marí ja que es trenca l'equilibri de l'ecosistema marí.

Els rebuigs de peix es deuen a diverses raons, agrupades en dos tipus principals:

- Econòmiques:
    - Els peixos capturats tenen poc valor de mercat ja sigui per la seva mida o per l'espècie a la que pertanyen
    - Algunes espècies que tenen un valor de mercat acceptable es descarten per tal d'augmentar la quantitat de peix d'altres espècies

més valuoses, o fins i tot exemplars de la mateixa espècie més valuosos. Això és el que s'anomena "highgrading"

- Regulatòries:
    - Quan s'està pescant més d'una espècie a la vegada i s'esgota la quota d'una d'elles en ocasions s'opta per descartar exemplars d'aquesta espècie per poder continuar pescant exemplars d'altres espècies més valuoses
    - L'existència de normes sobre una talla mínima de les captures obliga a descartar les captures que no compleixen amb aquesta talla

És clar que aquest nivell de rebuig de peixos no desitjats, molts dels quals no aconsegueixen sobreviure a l'experiència, constitueix un desastre tant ecològic com econòmic, i està debilitant el futur de la indústria pesquera. Els rebuigs presenten una sèrie de conseqüències negatives pel medi ambient i per l'economia, tenint en compte que molts dels exemplars retornats al mar no sobreviuen:

- El rebuig de peixos en edat juvenil disminueix el potencial de futures captures perquè no se'ls ha deixat créixer i, alhora, disminueix la futura capacitat reproductiva
- El rebuig d'exemplars adults disminueix el total d'exemplars d'aquesta espècie tant a curt com a llarg termini, ja que es limita la capacitat reproductiva actual
- El fet de descartar altres espècies accessòries, com per exemple els crustacis, desequilibra l'ecosistema marí
- Quan la concentració de rebuigs en descomposició és gran causa problemes per a les comunitats d'espècies del fons marí

L'abast del fenomen del rebuig no està clar i varia sensiblement entre les diferents zones del planeta. Segons dades de la FAO [3], el rebuig pot arribar al 54% de la captura global total, que es xifra entre uns 18-39 milions de tones. Els índexs de rebuig són molt variables, ja que depenen de l'espècie objectiu, de l'art de pesca utilitzat a la zona o el període, etc. Per exemple, s'estima que en la pesca d'arrossegament es descarta entre un 70-90% de la captura. Algunes pesqueries presenten índexs de rebuig totalment inacceptables: les pesqueries franceses d'arrossegament d'aigües profundes en aigües occidentals han arribat a descartar el 90% de les seves captures. És a dir, només 1 de cada 10 kg capturats s'aprofita, mentre que els 9 restants són tirats per la borda.

El problema dels rebuigs és encara més sobrecollidor si es parla d'individus en comptes de tones: el registre de 1996 de les flotes europees la pesca objectiu de la qual eren les gambes Crangon indica que aquestes van descartar 928 milions de solles, 16 milions de llenguados, 42 milions de bacallans y 55 milions de merlans, juntament amb 75.000 milions de gambes petites.

Aquest immens i innecessari malbaratament de recursos vius no només amenaça el destí de molts ecosistemes marins, sinó que posa en perill el futur de les pesqueries.

Per aquesta raó, el 2007 la Comissió de les Comunitats Europees [7] va publicar una Comunicació relativa a la reducció de les captures accessòries i l'eliminació dels rebuigs en les pesqueries europees. La política exposada en dita proposta suposa una innovació radical respecte la PPC (Política Pesquera Comú), doncs proposa abordar el problema dels rebuigs sobre la base dels resultats que es pretenen obtenir i no dels medis que es pretenen utilitzar. Així, en comptes d'especificar l'art de pesca que deurien utilitzar els pescadors, o les zones en les que no deuria estar permès pescar, la UE simplement fixaria l'objectiu d'una reducció gradual dels rebuigs fins assolir el nivell mínim viable, i deixaria que fossin els pescadors i les autoritats nacionals qui determinin el mode d'assolir dit objectiu.

El principi que inspira aquesta nova política es regular el que es captura, en lloc del que es desembarca. La gestió s'ha d'enfocar a obtenir resultats específics en lloc de reglamentar solucions tècniques concretes. Aquesta gestió deixarà en mans del sector, sempre que sigui possible, la determinació de les solucions tècniques factibles i econòmicament viables que permetin assolir els resultats exigits.

Des de la Comissió es recomana utilitzar instruments de la PPC existents, així com mesures complementaries, amb la finalitat de reduir les captures accessòries i eliminar els descarts. Per exemple cita el foment del desenvolupament i ús d'arts de pesca selectius, les vedes en temps real, la obligació de canviar de calador, les quotes flexibles i la aplicació de cànons o mesures d'expropiació a les captures accessòries. També contempla la possibilitat de recolzar amb els instruments de la PPC els necessaris canvis de tecnologies i pràctiques pesqueres. Per últim també es considera ajudar-se del desenvolupament d'alternatives per a l'ús del peix que tradicionalment es descarta, en particular, les captures accessòries inevitables d'espècies amb valor comercial baix o nul.

Aquesta última opció que planteja la Comissió està directament relacionada amb el present projecte, ja que es pretén donar un valor afegit a un peix amb baix valor comercial, en aquest cas la truita.

4.1. Justificació de l'elecció de la truita

En les proves realitzades s'ha utilitzat la truita com a producte a deshidratar. El motiu d'aquesta elecció és que aquest tipus de peix actualment té poc valor comercial comparat amb altres espècies de peix. Això és degut al seu sabor característic, poc apreciat pel consumidor. Si, com es pretén amb la realització d'aquest projecte, s'afegeix un altre sabor més atractiu a la truita durant el procés de manipulació, es pot donar un valor afegit a la truita que equipari el seu valor comercial al d'altres espècies. Això és especialment important, tenint en compte que hi ha un gran cultiu de truites en piscifactoria en Europa (la truita ocupa el segon lloc en la classificació de tones produïdes en piscifactoria per espècie, tant en Espanya com en Europa).

Segons dades d'Eurostat [8], al 2007 hi va haver una producció a Europa de 206043 tones de truites vives en piscifactoria. Aquestes dades la van convertir en la segona espècie amb més producció, suposant un 16% sobre la producció total. A Espanya, va ocupar també el segon lloc amb un 9% i amb una producció de 25195 tones. En canvi, la truita ocupa el 17è lloc en la llista de peixos més consumits en Espanya, segons l'estudi del FROM (Fondo de Regulación y Organización del Mercado de los Productos de la Pesca y Cultivos Marinos) "Hábitos de compra, consumo y conservación de los productos de mar en España" [9]. Concretament, a l'any 2006 hi havia un consum a Espanya de 0,5 kg de truita per persona i any, segons fonts del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) [10]. Aquest valor té una representativitat molt baixa en la mitjana de peix consumit a Espanya, que és de 42,7 kg/persona/any, com ja s'ha comentat anteriorment.

Observant aquestes dades, queda clar que una revalorització de la truita tindria un impacte potencial molt elevat. Per aquest motiu es considera la truita com una espècie adient per a realitzar les proves de deshidratació.

5. Introducció a les tècniques de deshidratació utilitzades

Una definició simple de la deshidratació d'aliments és l'eliminació parcial d'aigua d'aquests. La preservació d'aliments mitjançant deshidratació és un dels mètodes més antics i més comuns. La deshidratació al Sol s'ha realitzat des de temps prehistòrics i encara és molt utilitzat en àmbits rurals. Degut a les limitacions d'aquesta tècnica aviat es van buscar altres processos més elaborats. Hi ha evidències de forns per la deshidratació del blat acabat de recollir a la zona nord d'Europa ja a l'Edat de Ferro.

La deshidratació dels aliments va suposar un gran avenç per la humanitat, ja que permet a la gent dependre menys del menjar, és a dir, no cal tenir un subministrament diari de menjar. En molts casos s'afegeix un valor afegit al menjar deshidratat. Es redueix l'activitat de l'aigua i d'aquesta manera es frena el creixement de microorganismes i de les reaccions químiques deterioratives. Els efectes produïts per la deshidratació poden ser beneficiosos o perjudicials segons l'objectiu de la deshidratació. Per exemple, la obtenció de panses mitjançant raïm és un exemple de que els possibles efectes adversos de la deshidratació són en aquest cas beneficiosos i buscats. Aquesta transformació es realitza mitjançant una deshidratació col·locant el raïm en un suport cara al Sol.

Tanmateix, encara que la deshidratació és un mètode àmpliament utilitzat en l'actualitat i existeix un progrés constant en aquest camp, encara no s'han arribat a entendre perfectament els fenòmens físics que hi participen. Per tant, no existeix actualment cap model matemàtic que permeti estimar amb precisió el procés de deshidratació. És per aquest motiu que es treballa amb models obtinguts experimentalment i es confia molt en l'experiència.

Els aliments deshidratats es poden dividir en tres grans grups: un primer grup format per llegums, cereals, etc. els quals tenen un petit valor afegit; un segon grup format per carn, peix o verdures i hortalisses que tenen un major valor afegit; i un últim grup format per espècies, plantes medicinals, etc. el valor afegit dels quals és molt alt.

Els principals objectius de la deshidratació són els següents:

- Augment del temps de conservació gràcies a la disminució de l'activitat de l'aigua
- Reducció de pes i volum
- Transformació a una forma més adequada per l'emmagatzematge i el transport (per exemple, la llet en pols o el cafè)

- Dotar a l'aliment d'altres propietats desitjables com pot ser un sabor diferent, una textura diferent

Els paràmetres tècnics més importants que cal tenir en compte en la deshidratació de menjar són els següents:

- La qualitat del producte: a part de l'eliminació d'aigua hi ha altres canvis en el sabor, textura o aparença de l'aliment que depenen de les condicions del procés

- La cinètica de la deshidratació: en general la deshidratació és un procés relativament lent. És bàsic conèixer els factors que afecten la velocitat de deshidratació per tal de dissenyar adequadament l'equipament necessari

- El consum d'energia: els processos més comuns de deshidratació utilitzen una gran quantitat d'energia amb poca eficiència

A continuació es fa una introducció teòrica als dos mètodes de deshidratació utilitzats durant les proves, deshidratació per corrent d'aire forçat i deshidratació per congelació al buit.

5.1. Deshidratació amb corrent d'aire forçat

La deshidratació amb corrent d'aire forçat és una de les tècniques de deshidratació més simples tecnològicament parlant. És una evolució de la deshidratació per exposició al Sol, que s'utilitza des de temps primitius. Només requereix un ventilador que serveix per crear un corrent d'aire incident sobre el producte a deshidratar. D'aquesta manera augmenta la transferència de calor transmesa al menjar i, en conseqüència, disminueix el temps necessari per dur a terme la deshidratació. En el present projecte s'utilitza aquesta tècnica en un entorn refrigerat per evitar en la mesura de lo possible la pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques del producte, tal i com s'explicarà posteriorment.

La deshidratació amb corrent d'aire forçat no és uniforme. Durant el procés de deshidratació tenen lloc diverses etapes diferenciades, que es poden observar en una corba de deshidratació, extreta del llibre Food Process Engineering and Technology [11]. Dita corba grafica la velocitat de deshidratació (N, que s'expressa en kg/s) en front del contingut d'humitat (X, en kg d'aigua/kg de matèria seca) del producte.

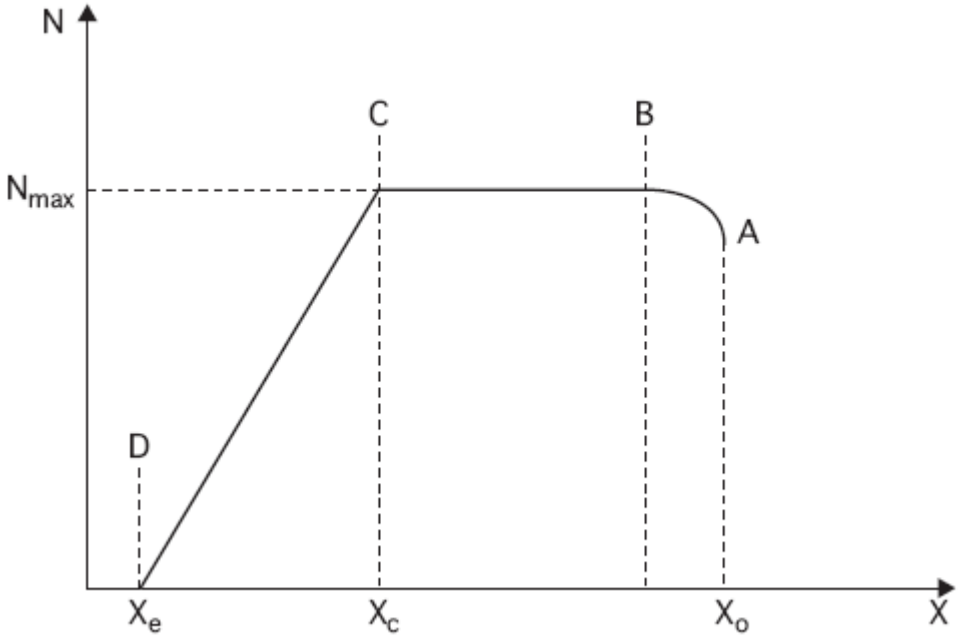

Fig. 5-1. Corba teòrica de deshidratació per convecció [11]

Les tres etapes esmentades són les següents:

1. Primera etapa transitòria: una primera etapa durant la qual la velocitat de deshidratació augmenta a mesura que disminueix la quantitat d'aigua del producte (tram AB). Això es deu a que el material pateix un procés d'adaptació a la deshidratació: es produeix un augment de temperatura, s'obren els porus per permetre la sortida d'aigua, etc. Cal tenir en compte que aquesta etapa no sempre s'observa en la deshidratació.

2. Període de velocitat de deshidratació constant: en aquesta etapa la humitat del producte a deshidratar és fàcil d'eliminar. Es produeix una situació d'equilibri entre la calor subministrada i la calor alliberada per l'aigua evaporada, i per aquest motiu la velocitat de deshidratació es manté pràcticament constant durant tot el període (tram BC). El contingut d'humitat del producte en el moment en el qual finalitza aquesta etapa es coneix amb el nom de contingut d'humitat crític, que es correspon amb el moment en que l'aigua perduda per evaporació a la superfície del producte ja no es pot compensar amb l'aigua de l'interior transportada per difusió. En el transcurs d'aquesta etapa la velocitat de deshidratació depèn tant de la transferència màssica de la part interna del producte com de la capa externa. En deshidratació d'aliments aquesta fase acostuma a ser molt breu i en ocasions no és observable.

Durant aquesta etapa la corrent d'aire transfereix calor a la superfície humida del producte, el que provoca l'evaporació de part de l'aigua del producte. L'aigua de la superfície que s'evapora es veu compensada per l'aigua de l'interior del producte que surt a la superfície per difusió. Això permet que durant tota l'etapa la superfície del producte estigui saturada d'humitat. El vapor d'aigua que es forma a la superfície és transportat per convecció cap a l'aire que l'envolta, que és més sec.

Existeix un model teòric per caracteritzar aquesta fase de velocitat de deshidratació constant, però s'han hagut de considerar certes una sèrie d'hipòtesis:

- Només es produeix transferència de calor per convecció. Es consideren negligibles els efectes de la calor per conducció i radiació

- La superfície del producte es manté saturada d'humitat durant tota la fase de deshidratació, és a dir, a efectes de transferència de calor i d'evaporació es comporta com aigua pura

- Les condicions de l'aire (temperatura, humitat i velocitat) són constants durant tot el procés

Suposant certes les condicions esmentades, la temperatura del menjar no supera la temperatura de saturació adiabàtica de l'aigua durant tota aquesta fase. Cal aclarir que la temperatura de saturació adiabàtica es defineix com la temperatura de l'aire si es saturés adiabàticament en contacte amb aigua líquida.

A la pràctica, però, aquestes condicions rarament es compleixen en la deshidratació de menjar. Per aquesta raó, el període de velocitat de deshidratació constant és una aproximació que es pot aplicar en aliments amb un alt percentatge d'humitat inicial i una matriu sòlida inert. A la realitat, les diferències respecte les condicions ideals són les següents:

- La calor no és transmesa només per convecció, ja que també hi intervenen la calor per conducció i radiació. En conseqüència, la temperatura a la superfície del producte és major que la temperatura de bulb humit de l'aire

- L'aigua present a la superfície del menjar no es comporta com aigua pura a causa d'una depressió de la pressió de vapor deguda als components solubles, entre d'altres raons

- No tota la calor intercanviada serveix per evaporar aigua de la superfície. També es produeix un lleu escalfament del producte

3. Període de velocitat de deshidratació decreixent: en aquesta etapa la humitat romanent al producte és més difícil d'eliminar ja que està lligada a la matriu sòlida; existeixen interaccions químiques entre la part sòlida i l'aigua del producte. Per aquest motiu, la velocitat de deshidratació disminueix de forma pronunciada a mesura que ho fa el contingut d'humitat del producte (tram CD). En aquest cas, la velocitat de deshidratació depèn únicament de la transferència màssica a l'interior del producte, ja que la superfície del producte ja s'ha assecat.

La transferència d'aigua de l'interior del menjar a la superfície disminueix a mesura que el producte es va assecant. Quan la quantitat d'aigua que arriba a la superfície és menor a la quantitat d'aigua que s'evapora el contingut d'humitat a la superfície comença a disminuir ràpidament i en poc temps assoleix el contingut d'humitat d'equilibri, quan s'igualen les pressions de vapor de l'aigua del producte i de l'aire. En aquesta fase el transport intern d'aigua és el paràmetre que defineix la velocitat de deshidratació i no l'evaporació com a l'etapa anterior. Aquesta fase s'inicia amb el anomenat contingut d'humitat crític.

Tenint en compte que la superfície del menjar ja no està saturada d'aigua, la temperatura del producte augmenta durant aquesta etapa tendint a la temperatura de bulb sec de l'aire. Teòricament, la deshidratació finalitza quan el contingut d'humitat al menjar s'ha reduït fins al contingut d'humitat d'equilibri.

S'han proposat diverses teories referents al mecanisme de transferència intern d'aigua a la deshidratació: difusió d'aigua líquida a causa de diferents gradients de concentració, difusió de vapor d'aigua a causa de diferències en la pressió de vapor, transport per capil·laritat, etc. El més probable és que un seguit de mecanismes de transferència d'aigua siguin simultàniament responsables del moviment intern d'aigua durant la deshidratació.

Un cop descrit el procés de deshidratació, cal destacar que la velocitat de deshidratació d'un producte depèn de diversos factors, que es poden dividir en dos grups:

- Condicions del producte: variables del material que es deshidrata(forma i mida, estructura, porositat, contingut d'humitat, pressió de vapor de l'aigua que conté el producte,etc.)

- Condiciones externes: temperatura, humitat i velocitat de l'aire

L'efecte de les condicions del producte a la velocitat de deshidratació és difícil de quantificar. En canvi, per les condicions externes sí que es pot descriure:

- Velocitat de l'aire: un augment de la velocitat de l'aire es tradueix en un augment de la transferència de calor i massa a la superfície del producte, el que a la seva vegada provoca un augment en la velocitat de deshidratació. En canvi, no té un efecte

directe en el transport intern d'aigua, raó per la qual en principi no afecta la velocitat de deshidratació durant la fase de velocitat de deshidratació decreixent.

- Temperatura de l'aire: durant la fase de velocitat de deshidratació constant aquesta és proporcional a la diferència entre la temperatura del producte i la temperatura de bulb humit de l'aire. En la fase de velocitat de deshidratació decreixent l'efecte de la temperatura és indirecte: principalment té influència en la difusió d'aigua.

- Humitat de l'aire: en la fase de velocitat de deshidratació constant, aquesta és directament proporcional a la diferència entre la humitat de saturació adiabàtica de l'aire i la seva humitat real. Teòricament, la humitat de l'aire no té un efecte directe en la fase de velocitat de deshidratació decreixent, però és obvi la seva relació amb la humitat d'equilibri.

En conclusió, totes les condicions externes afecten la corba de secat. En teoria, cada factor extern que augmenta la velocitat inicial de deshidratació incrementa el contingut crític d'humitat, anticipant l'inici de la fase de velocitat de deshidratació decreixent. Una deshidratació massa ràpida és una de les causes del que es coneix com atapeïment. Aquest terme es refereix a l'aparició d'una capa impermeable a la humitat que es forma a la superfície del producte, mentre que el contingut d'aigua al seu interior és encara elevat. Això és una de les principals causes d'una deshidratació incorrecta, ja que es dificulta una posterior rehidratació del menjar.

Per últim, cal destacar que aquesta tècnica presenta la avantatge de ser fàcilment aplicable (només es necessita un ventilador) però en canvi el producte deshidratat amb aquest mètode presenta una pèrdua destacable de qualitat de les propietats organolèptiques.

5.2. Deshidratació per congelació al buit

La deshidratació per congelació al buit (d'ara endavant deshidratació per buit) és un tipus de liofilització utilitzada en el present projecte que presenta algunes variacions respecte aquesta. Per aquest motiu s'evita utilitzar el terme liofilització per anomenar el mètode de deshidratació utilitzat en aquest projecte. En concret, hi ha dos diferències destacables entre ambdós mètodes:

- Temperatura de treball: en la liofilització normalment es treballa amb temperatures per sota dels -50ºC durant la deshidratació, i no és estrany realitzar deshidratacions a -60ºC ó -70ºC, sobretot quant es tracta amb productes farmacèutics. En canvi, en la deshidratació per buit experimentada en les proves realitzades la temperatura de treball es troba entre els -20ºC i els -25ºC. La temperatura ideal de treball seria d'uns

-35ºC ó -40ºC, encara que per limitacions en la realització de les proves no s'ha pogut arribar a aquestes temperatures.

- Grau de deshidratació: en la liofilització el producte final presenta un contingut en aigua extremadament baix, que acostuma a ser de menys del 5% respecte el contingut inicial d'aigua. Com s'explicarà més endavant, en la deshidratació per buit utilitzada l'objectiu és fer una deshidratació parcial. En concret, el producte resultant ha perdut un 30-35% de pes.

Degut a que la fenomenologia física de la liofilització i la deshidratació per buit és la mateixa es procedeix a descriure la liofilització, especificant els punts en què hi ha diferències entre ambdós mètodes.

Encara que la liofilització és una de les tècniques més complexes de deshidratació existents, i l'inici del seu ús a nivell industrial data de la dècada de 1950, al passat ja s'utilitzava aquest tipus de deshidratació d'una manera més primitiva.

La població inca que antigament habitava el Perú ja aplicava la fenomenologia física de la liofilització amb bons resultats. Aquests van observar que els cultius que emmagatzemaven al cim de les muntanyes, per damunt del Machu Picchu, es conservaven durant més temps i a més eren més lleugers, facilitant el seu transport. Les especials condicions climatològiques d'aquesta regió (temperatures nocturnes per sota dels 0ºC i una reduïda pressió atmosfèrica deguda a l'altura) són les que permetien realitzar el que s'anomena liofilització natural. Durant la nit els aliments es congelaven parcialment per les baixes temperatures i degut a la menor pressió atmosfèrica part de l'aigua congelada sublimava. El terme liofilització natural simplement vol dir que és un procés en el qual no intervé cap tipus de màquina ni mecanisme fabricat per l'home.

La liofilització és una eliminació de l'aigua del producte per sublimació. En aquest procés, en primer lloc el menjar es congela i posteriorment se li aplica el buit provocant l'evaporació de l'aigua del producte que està en forma de gel. El vapor d'aigua resultant queda dipositat a la superfície d'un condensador a molt baixa temperatura. Durant la deshidratació s'aporta una calor al producte que permet la sublimació.

Aquest tipus de deshidratació es porta a terme a temperatures molt baixes. Fruit d'això, els productes liofilitzats mantenen la qualitat de les propietats organolèptiques: sabor, color, aparença, no es produeix contracció, etc. Aquesta qualitat superior dels productes liofilitzats respecte els deshidratats mitjançant altres tècniques fa que la liofilització tingui molt interès en el camp de la indústria alimentària. Tanmateix, aquest mètode de deshidratació és molt car. Només és econòmicament viable per la deshidratació de productes d'alt valor afegit que justifiquin aquest sobrecost respecte altres tècniques de deshidratació.

Durant el procés de liofilització tenen lloc tres etapes diferenciades:

1. Congelació: en la liofilització l'eliminació d'aigua es produeix per sublimació. Per tant, el primer pas en la liofilització és congelar el producte a deshidratar. Aquesta etapa és la més crítica de la liofilització, ja que el tipus de congelació afecta el resultat de la liofilització; una congelació inadequada pot fer malbé el producte. Una congelació ràpida proporciona uns cristalls de gel petits, que afavoreixen que el producte mantingui la seva estructura a nivell microscòpic, però dificulta la deshidratació. Per altra banda, una congelació lenta dóna com a resultat cristalls de gel grans, que comprometen la conservació de l'estructura a nivell microscòpic (poden trencar-se les parets cel·lulars, disminuint la qualitat de les propietats organolèptiques), però en canvi afavoreixen la deshidratació. Una correcta congelació és un terme mig entre els dos casos extrems, on l'estructura del producte no pateix canvis significatius i no es dificulta la deshidratació.

2. Deshidratació primària: Un cop congelat el producte s'inicia la deshidratació. En aquesta fase sublima tota l'aigua lliure, que és en forma de gel, del producte. En finalitzar la deshidratació primària resta únicament l'aigua lligada a la matriu sòlida del producte, que és la part d'aigua del producte que no s'ha congelat. Durant tota l'etapa s'han de controlar dos paràmetres que influeixen en el resultat de la deshidratació, la temperatura i la pressió.

La velocitat de sublimació del gel del menjar congelat depèn de la diferència entre la pressió de vapor del producte i la pressió de vapor a la superfície del condensador. Les molècules migren de la zona de més pressió a la d'una pressió menor. Donat que la pressió de vapor depèn de la temperatura és necessari que el producte a deshidratar estigui a una temperatura major que la del condensador. La temperatura del producte ha d'estar entre la temperatura que garanteix la integritat de la seva estructura i la temperatura que maximitza la seva pressió de vapor.

A la Fig. 5-2 es pot observar el diagrama de fases de l'aigua.

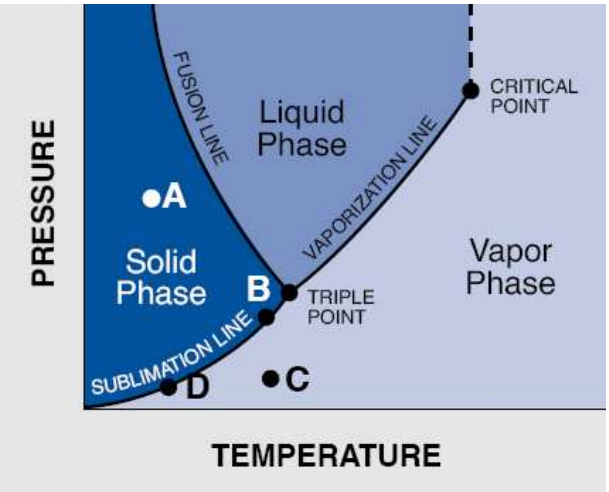

Fig. 5-2. Diagrama de fases de l'aigua [12]

Molts productes es congelen molt per sota de la seva temperatura eutèctica (punt A), i un cop congelats s'eleva la temperatura fins just per sota d'aquesta temperatura (punt B) i s'aplica el buit abans d'iniciar la deshidratació. Cal aclarir que la temperatura eutèctica és la temperatura a la que l'aigua lligada a la matriu sòlida del producte comença a congelar-se.

La bomba de buit és un component imprescindible en la liofilització, ja que permet reduir la pressió de manera que s'inicïi la sublimació de l'aigua del producte i elimina els gasos no condensables que es produeixen durant la deshidratació (punt C). L'altre component vital és un condensador on queda dipositada la humitat sublimada del menjar. Així, s'evita que l'aigua arribi a la bomba de buit contaminant l'oli. El condensador ha de romandre a una temperatura significativament menor que la del producte (punt D). Un factor essencial en la liofilització és la calor que es transmet al producte per incitar la sublimació de l'aigua que conté. S'ha de controlar amb precisió la quantitat de calor transmesa, ja que si supera la capacitat de refredar del sistema el producte es calenta per sobre de la seva temperatura eutèctica.

3. Deshidratació secundària: Un cop ha finalitzat la deshidratació primària es realitza una segona etapa de deshidratació per eliminar l'aigua lligada del producte,que no s'ha congelat. Aquesta aigua suposa un 7-8% del contingut inicial. Es manté la baixa pressió però s'augmenta la temperatura, encara que garantint que no es comprometi la qualitat del producte. En aquest procés s'elimina l'aigua lligada per desorció, es separen les molècules d'aigua de la matriu sòlida del producte. La deshidratació secundària acostuma a trigar aproximadament entre un terç i la meitat de temps que la deshidratació primària. Cal tenir en compte que en el cas tractat en aquest projecte no es contempla la realització d'aquesta etapa, ja que no és necessari deshidratar fins a nivells tan baixos.

La distribució del contingut d'humitat no és homogènia en els productes deshidratats per liofilització. Idealment, es diferencien clarament dos zones: una zona congelada i l'altre seca. La zona congelada manté el contingut d'humitat inicial. La zona seca, en canvi, presenta una estructura plena de buits creats per l'aigua congelada que ha sublimat. El petit contingut d'aigua que té és l'aigua adsorbida en la matriu sòlida (aigua lligada). La interfície entre les dues zones es coneix com el front de sublimació.

Es pot transmetre el calor al front de sublimació de diverses maneres, però hi ha dos mètodes que són els més utilitzats:

1. Per radiació des de superfícies calentes: en aquest cas, es transmet el calor a la capa seca del producte per radiació. Aquesta calor, a la seva vegada, es transmet al front de sublimació per conducció. El vapor d'aigua eliminat del producte fa el camí invers. Surt del front de sublimació cap a la superfície del producte i posteriorment cap a la superfície del condensador.

2. Per contacte amb una superfície calenta: aquest mètode s'utilitza quan el producte a deshidratar es col·loca en safates que descansen sobre prestatges calefactats. La calor es transmet en aquest cas per conducció des de la zona congelada cap a la zona seca.

Cal destacar que en aquest tipus de deshidratació no hi ha transferència de calor per convecció. Això és degut a que durant el procés s'aplica el buit i, per tant, no hi ha presència d'aire que transmeti calor.

Existeixen models teòrics del procés de liofilització suposant certes una sèrie de simplificacions i de suposicions:

- El producte es deshidrata per un únic costat
- La calor es transmet a la superfície del producte per radiació des de una superfície calenta
- Tota la calor subministrada es destina a la sublimació de l'aigua en forma de cristalls de gel del producte. La calor sensible generada es considera negligible.
- S'observa clarament un front de sublimació entre la zona seca i la congelada.
- Els vapors d'aigua sublimats es tornen a transformar en gel en la superfície del condensador.
- La pressió de vapor a la superfície del condensador és la mateix que la mesurada en la cambra frigorífica.
- La temperatura a la superfície del producte i al front de sublimació són constants
- A l'interior de la cambra de liofilització només hi ha vapor d'aigua, la presència de no condensables és negligible

Aquestes condicions, però, no es compleixen a la pràctica. Per aquest motiu, és molt complicat establir un model teòric per la liofilització. En el món industrial les pautes a seguir per realitzar una correcta liofilització s'extreuen de la pròpia experiència.

S'ha de comentar que controlant les condicions de la liofilització es poden aconseguir una sèrie de millores en el procés:

- Disminuir el temps de deshidratació
- Augmentar la qualitat del producte resultant, en particular augmentar la retenció d'aromes volàtils

- Prevenir de l'estovament de la capa seca del producte i el col·lapse de la seva estructura porosa

Com ja s'ha comentat no tota l'aigua del producte es congela en el primer pas de la liofilització. Aquesta aigua no congelada pot estovar la capa seca si la temperatura no és suficientment baixa. Això provoca el col·lapse de l'estructura porosa del producte i, per tant, es neutralitzen els beneficis de la liofilització. En conseqüència, s'ha de comprovar que la liofilització es realitza a una temperatura menor a la temperatura de col·lapse del producte a deshidratar.

A diferència de l'altre tipus de deshidratació explicada, la deshidratació per buit sí que proporciona un producte deshidratat sense pèrdues apreciables de qualitat de les seves propietats organolèptiques. Amb la liofilització es conserva gran quantitat dels aromes i es manté el volum inicial del producte. Així, en resulta un producte molt porós i amb facilitat per la rehidratació. En canvi, la realització d'aquest tipus de deshidratació és més complexa i costosa, ja que és necessària la utilització d'un equip preparat per congelar l'aliment i mantenir el buit durant tot el procés de deshidratació.

6. Rehidratació

La rehidratació és el procés d'afegir aigua a un producte sec amb l'objectiu de recuperar les seves característiques inicials. Simplement s'ha de submergir el material a rehidratar en un bany d'aigua. En el cas de productes deshidratats, una bona rehidratació és l'indicador de que la deshidratació ha sigut adequada. La rehidratació ha de ser ràpida i ha de proporcionar un producte que hagi recuperat pràcticament tot el seu contingut d'aigua inicial.

La rehidratació d'aliments deshidratats és un procés amb vàries etapes. En primer lloc s'humidifica la superfície. A continuació l'aigua penetra dins els porus. En la següent etapa es produeix una adsorció d'aigua en la superfície de la matriu. Per últim hi ha una difusió d'aigua cap a l'interior de la matriu sòlida. A més, en la rehidratació té lloc un augment de volum de l'aliment deshidratat. Tanmateix, s'ha de tenir en compte que durant la rehidratació pot haver una pèrdua de components soluble de l'aliment que es dissolen en l'aigua de rehidratació.

Molts dels canvis produïts durant la deshidratació són irreversibles. En conseqüència, no es pot considerar la rehidratació únicament com el procés reversible a la deshidratació. Idealment, els aliments deshidratats haurien de ser capaços de recuperar el seu contingut inicial d'aigua, el volum, forma i qualitat d'abans de ser processats. Tanmateix, això rarament succeeix. A la pràctica els productes no arriben a recuperar tota l'aigua que han perdut durant la deshidratació perquè els porus no s'omplen totalment d'aigua.

En general, l'absorció d'aigua és major a l'inici de la rehidratació i va disminuint amb el temps. Això és degut a que al principi els porus, els capil·lars i els espais intercel·lulars estan buits. A mesura que avança la rehidratació aquests es van omplint i progressivament disminueix la capacitat d'absorció d'aigua.

Els factors que afecten a la rehidratació són diversos:

- La porositat del producte: un material porós disminueix el temps de rehidratació necessari
- Els capil·lars i les cavitats a prop de la superfície: provoquen el mateix efecte que la porositat
- La temperatura: una temperatura del líquid de rehidratació que provoqui un contrast amb la temperatura del producte augmenta la velocitat de rehidratació

- La presència de bombolles d'aire: si el material a rehidratar té bombolles d'aire atrapades al seu interior se'n dificulta la rehidratació perquè disminueix el volum disponible per absorbir aigua

- Cristal·linitat del producte: les zones del producte a rehidratar amb estructura amorfa recuperen aigua més ràpidament que les zones amb estructura cristal·lina

Per últim, cal comentar que no hi ha diferències a nivell de metodologia entre la rehidratació d'un producte deshidratat per convecció o per buit. On s'observen diferències és en el resultat de la deshidratació: els productes deshidratats per buit presenten una estructura més porosa i, per tant, es facilita la seva rehidratació.

7. Realització de proves de deshidratació en un entorn preparat

Tal i com ja s'ha explicat, l'objectiu del projecte és provar que és possible aplicar la deshidratació a truita de manera que el producte obtingut no experimenti una pèrdua de les seves propietats organolèptiques i recuperi el seu pes amb facilitat alhora que s'afegeix un altre sabor. Amb aquest propòsit es realitzen una sèrie d'experimentacions amb truita.

En primer lloc s'ha de preparar la mostra correctament per ser tractada durant les proves. Es fa una descripció del procés que es segueix per obtenir la mostra que s'utilitza després en l'experimentació.

Per dur a terme les proves s'ha de preparar l'entorn on tindrà lloc la deshidratació de la truita. Per les raons que s'exposen més endavant ha sigut necessari utilitzar tres mètodes diferents de deshidratació. Per tant, es detallen els passos seguits de cara a preparar la deshidratació en cadascun d'ells.

Per últim, es fa una descripció detallada del seguit de proves que s'han realitzat seguint els tres mètodes de deshidratació i es discuteixen els resultats obtinguts en cadascuna.

7.1. Preparació de la mostra

Material necessari

Productes

- Truita sencera fresca obtinguda a comerços locals
- Àcid ascòrbic
- Àcid cítric

Instruments

- Bàscula electrònica
- Bol de plàstic
- Ganivet de cuina

Mètode

1. En primer lloc s'agafa la truita sencera i se li tallen el cap, la cua i les aletes amb un ganivet de cuina. A continuació es realitza una incisió amb el ganivet a la cavitat abdominal i s'extreuen les vísceres del peix amb ajuda del mateix ganivet. Seguidament es neteja el peix amb abundant aigua per tal d'eliminar les restes de vísceres que puguin quedar. Per últim es

procedeix a separar acuradament la carn de les espines fent servir el ganivet de cuina i, un cop fet això, es fa un tall a la part central obtenint dos filets sense espines, que són els que serviran de mostra per dur a terme l'experimentació.

2. El segon pas és conèixer el pes dels filets de peix. Es pren una primera mesura del pes dels filets amb ajuda d'una bàscula electrònica. Prèviament s'ha col·locat sobre aquesta un plat de plàstic per tal de dipositar sobre aquest els filets de la truita i s'ha tarat la bàscula degudament.

3. El següent pas consisteix en preparar un bany d'antioxidants: es dissolen 12,5 grams d'àcid cítric i 2 grams d'àcid ascòrbic en un litre d'aigua, aconseguint una concentració de 1,25% i 0,2% respectivament. S'afegeixen antioxidants per tal de retardar les reaccions d'oxidació del peix que provoquen un enfosquiment del filet no desitjat de cara al seu posterior consum.

4. S'introdueixen els filets de la truita en el bany d'antioxidants durant cinc minuts. Es considera aquest temps suficient per permetre que el peix pugui absorbir correctament els antioxidants.

5. Un cop es treuen els filets del bany d'antioxidants es tornen a pesar amb el mateix procediment que en el pas 2 per tal de comprovar que el peix ha augmentant el seu pes, indicant que efectivament ha absorbit una certa quantitat d'antioxidants.

(*) 6. Es retalla paper d'alumini amb la forma de la silueta dels filets de peix i es col·loca sota la pell d'aquests per tal d'evitar que quedin enganxats a la superfície amb la que estan en contacte durant el procés de deshidratació.

(*) Nota: el punt 6 només es duu a terme quan es realitza la deshidratació per buit i per convecció al congelador.

7.2. Preparació de l'entorn per realitzar les proves de deshidratació

7.2.1. Deshidratació amb corrent d'aire forçat a una cambra frigorífica

Material necessari

Productes

- Filets de truita

Instruments

- Cambra frigorífica

- Calefactor
- Ventilador centrífug
- Mesurador de temperatura i humitat relativa

Mètode

1. El primer pas consisteix en instal·lar un ventilador a la cambra frigorífica. Aquest ventilador es penja amb una corda sobre una taula on es col·locarà el peix durant la deshidratació. Es fa passar el cable del ventilador per sota la porta de la cambra per connectar-lo a un endoll de l'exterior. La funció del ventilador és la de fer incidir un corrent d'aire sobre la superfície del peix. D'aquesta forma s'aconsegueix una convecció forçada, millorant la transferència de calor i, en conseqüència, disminuint el temps necessari per completar la deshidratació.

Cal destacar que es col·loca el ventilador de manera que el flux d'aire incideixi perpendicularment sobre els filets. Aquesta disposició del ventilador aporta dos avantatges. Per una banda, hi ha un augment de la transferència de calor respecte el cas de flux paral·lel. Per altra banda, s'evita el problema que una velocitat excessiva de l'aire impulsat pel ventilador pugui desplaçar els filets de truita. Això podria provocar que els filets caiguessin a terra i, en conseqüència, la deshidratació passaria deixaria de ser amb convecció forçada, amb el pertinent augment del temps necessari de deshidratació.

2. En segon lloc es col·loca un calefactor dins la cambra frigorífica. Aquest calefactor es situa sobre una altra taula contigua a la destinada als filets de truita, amb la resistència elèctrica dirigida en sentit contrari al peix per evitar un augment excessiu de la temperatura d'aquest durant la deshidratació. Igual que en el cas del ventilador, es fa passar el cable del calefactor per sota la porta de la cambra per connectar-lo a un endoll de l'exterior. La funció del calefactor és la de mantenir estable la humitat relativa dins la cambra frigorífica durant el procés de deshidratació, ja que, com s'ha comentat a l'apartat 5.1, la humitat relativa juga un paper important en la deshidratació; una alta humitat relativa allarga en excés el temps de deshidratació.

3. A continuació es col·loquen els filets de peix i el mesurador de temperatura i humitat sobre una reixeta de graella al damunt d'una taula per tal que la distància entre el ventilador i el peix sigui més petita i que el flux d'aire sigui més uniforme que no pas col·locant la truita directament sobre la taula. Es protegeix la sonda del mesurador amb un tros de paper sobre el sensor per tal d'evitar que es pugui fer malbé a causa del flux d'aire incident sobre aquest.

4. L'últim pas és encendre el ventilador i el calefactor instal·lats anteriorment, i un cop fet això s'engega el compressor de la cambra frigorífica de cara a iniciar ja el procés de deshidratació.

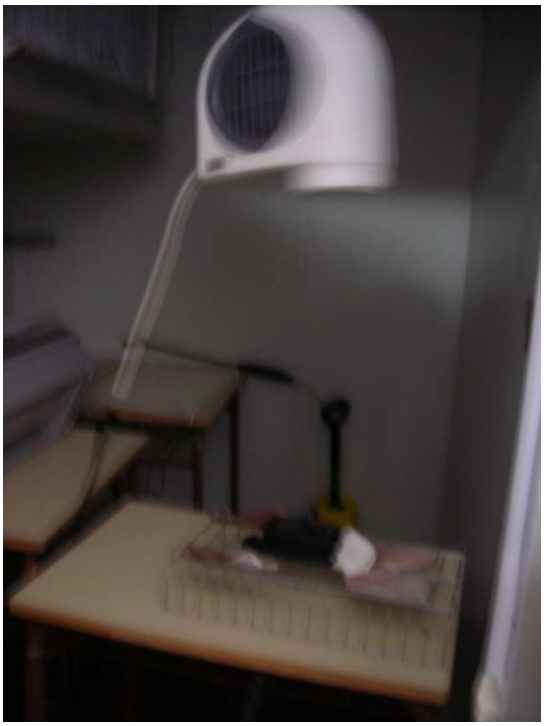

Fig. 7-1. Muntatge a la cambra frigorífica

Per tal de permetre que l'evaporador treballi correctament es realitza un desglaçament cada 24 hores, ja que la cambra frigorífica està en funcionament durant tot el procés de deshidratació. Es para el compressor i es deixen en marxa els ventiladors de l'evaporador a efectes d'eliminar el gel que s'ha format entre les plaques de l'evaporador i que disminueixen la transferència de calor. Aquesta operació dura 5 minuts, temps suficient per eliminar el gel format a l'evaporador, ja que la massa d'aigua evaporada del producte és petita. Durant el procés de desglaç es manté apagat el calefactor per evitar un augment excessiu de la temperatura dins la cambra frigorífica que faci malbé els filets de la mostra.

7.2.2. Deshidratació amb corrent d'aire forçat a una nevera

Material necessari

Productes

- Filets de truita

Instruments

- Nevera combi no-frost

- Resistència elèctrica
- Ventilador axial
- Mesurador de temperatura i humitat relativa

Mètode

1. El primer pas consisteix en treure les safates de la nevera per tenir més espai per preparar el muntatge.

2. En segon lloc es col·loca una resistència elèctrica a l'interior de la nevera. La funció de la resistència és la mateixa que compleix el calefactor en el muntatge explicat a l'apartat 7.2.1,és a dir, mantenir estable la humitat relativa dins la nevera durant la deshidratació. El cable de la resistència es fa passar pel forat que hi ha entre el cos de la nevera i la seva porta, afegint cinta aïllant al voltant per impedir l'entrada d'aire de l'exterior que augmenti la temperatura de l'interior de la nevera.

3. A continuació s'instal·la un ventilador a la nevera. En aquest cas el ventilador és axial per limitacions d'espai. Aquest ventilador es penja amb una corda damunt de l'emplaçament del peix durant la deshidratació. Per tal d'evitar utilitzar un altre cable s'aprofiten les connexions de la resistència elèctrica per connectar el ventilador. S'enrotlla amb cinta aïllant el contorn de les connexions per evitar que la humitat pugui provocar un curtcircuit. Cal destacar que novament es col·loca el ventilador de manera que el flux d'aire incideixi perpendicularment sobre els filets, per les raons ja comentades a l'apartat 7.2.1.

4. El següent pas és col·locar els filets de peix sobre un plat recolzat a la safata inferior de la nevera. Es protegeix la sonda del mesurador de temperatura i humitat amb un tros de paper sobre el sensor per tal d'evitar que es pugui fer malbé a causa del flux d'aire incident sobre aquest.

5. L'últim pas és encendre el ventilador i la resistència instal·lats anteriorment per donar inici al procés de deshidratació.

7.2.3. Deshidratació per congelació al buit

Preparació de la deshidratació

Material necessari

Productes
- Filets de truita

Instruments
- Nevera combi no-frost

- Olla a pressió
- Bomba de buit
- Manòmetre de baixa pressió
- Resistència elèctrica
- Ventilador axial
- Mesurador de temperatura i humitat relativa
- Mesurador de temperatura amb sonda de penetració d'aliments
- Transformador 220V – 12V
- Font d'alimentació
- Temporitzador electrònic programable

Mètode

1. El primer pas que es realitza és modificar l'olla a pressió per tal que es pugui fer el buit al seu interior: es substitueix la vàlvula de l'olla per un obús que permet connectar un tub que uneixi la bomba de buit amb l'olla a pressió. A la part de sota de la tapa s'instal·la un tub de plàstic de llargada tal que el seu extrem quedi recolzat a la base interior de l'olla. La funció d'aquest tub és la de permetre l'extracció de l'aire que hi ha a l'interior de l'olla quan es realitza el buit. Un cop fet això s'aplica una tira de silicona en el contorn de l'obús i el contorn de la tapa de l'olla per aconseguir un bon segellat, i evitar així l'entrada d'aire quan s'ha fet el buit a l'olla.

Fig. 7-2. Detall de la tapa de l'olla

2. A continuació es prepara un muntatge de prestatges per col·locar-lo a l'olla: es retallen làmines de plàstic rodones de diàmetre lleugerament inferior al de l'olla per deixar un cert joc, amb un tall a una punta per permetre el pas del tub de plàstic de la tapa. Les làmines es disposen de manera que entre làmines contigües el tall està situat en bandes contràries. En les làmines en que el tall queda a banda contrària al pas del tub es fa un orifici del diàmetre

del tub per permetre el seu pas. Entre les làmines s'hi enganxen cilindres de cartró d'un diàmetre 2 cm més petit que el de la làmina i d'una alçada de 3 cm. A baix de tot s'hi col·loquen dos semicercles de cartró sense unir que permeten el pas del tub entre aquests. El prestatge de dalt de tot és una placa d'acer inoxidable amb un extrem doblegat per permetre el pas del tub, i amb la superfície de dalt pintada amb pintura negra opaca.

Fig. 7-3. Detall del muntatge de prestatges

La funció d'aquest muntatge és similar a la dels passos d'un intercanviador de calor. Es busca forçar que l'aigua sublimada del peix faci un recorregut el més llarg possible fins a ser aspirada pel tub de plàstic, aconseguint que part d'aquesta aigua es torni a congelar durant el recorregut esmentat. L'aigua que és aspirada pel tub de plàstic quan la bomba de buit està en funcionament va a parar al seu interior, barrejant-se amb l'oli. Això provoca una disminució en l'eficàcia de la bomba i, per tant, és important que hi arribi la menor quantitat d'aigua possible. Amb aquest muntatge l'aigua circula per la vora de la paret interior de l'olla durant tot el recorregut fins a ser aspirada pel tub de plàstic. S'escull aquesta disposició perquè, en ésser la paret de l'olla la part més freda, s'assoleix la màxima quantitat d'aigua congelada possible. La superfície de la placa d'acer es pinta de negre per millorar la transferència de calor.

3. El següent pas és instal·lar l'olla dins el congelador. Primerament s'extreuen els calaixos del congelador per tenir un espai que permeti la ubicació de l'olla. A continuació s'introdueix l'olla dins el congelador amb els prestatges ja incorporats. Sobre la tapa de l'olla es col·loca la mateixa resistència elèctrica utilitzada en l'apartat 7.2.2 per proporcionar la calor necessària per realitzar la deshidratació. Es procura que la resistència ocupi la tapa uniformement, ja que es busca que la transmissió de calor sigui la mateixa sobre tota la superfície de la truita per tal que la deshidratació sigui uniforme en tot el filet. Dita resistència es connecta a la corrent amb un cable amb clavilla a l'extrem que s'ha afegit. Aquest cable es fa passar pel forat que hi ha entre el cos del congelador i la seva porta , afegint cinta

aïllant al voltant per impedir l'entrada d'aire de l'exterior que augmenti la temperatura del congelador.

4. Sobre la resistència elèctrica s'hi afegeix una capa d'aïllant de polietilè . Aquest aïllant consisteix en dos semi cercles de la mida de la tapa de l'olla. L'aïllant cobreix tota la tapa de l'olla per impedir que la calor transmesa per la resistència augmenti la temperatura a l'interior del congelador. Es col·loquen tires de cinta aïllant per enganxar l'aïllant a la tapa de l'olla i d'aquesta manera també queda fixa la resistència elèctrica.

5. A continuació s'afegeix un ventilador a l'interior del congelador. Per limitacions d'espai, el ventilador és el mateix que s'ha utilitzat a l'apartat 7.2.2. Per la mateixa raó s'instal·la al costat de l'olla, i s'aprofiten les connexions de la resistència elèctrica per connectar-lo. S'enrotlla amb cinta aïllant el contorn de les connexions per evitar que la humitat pugui provocar un curtcircuit. A diferència del cas de deshidratació per corrent forçat d'aire, en aquest cas l'aire impulsat pel ventilador no incideix transversalment sobre la truita. La seva utilitat és la d'augmentar la velocitat de l'aire que circula pel congelador i així millorar la transferència de calor amb el filet que es situa fora de l'olla i es deshidrata mitjançant convecció forçada amb flux paral·lel. A més, s'insereix un mesurador de temperatura i humitat per conèixer la temperatura de l'interior del congelador i comparar amb el sensor que s'introduirà a l'interior de l'olla.

6. Un cop s'ha realitzat la instal·lació a l'interior del congelador, es fa el muntatge d'un circuit amb temporitzador per regular el funcionament de la bomba de buit. Es connecta el transformador amb la font d'alimentació de corrent contínua, i aquesta al temporitzador programable. Un born de la sortida del temporitzador es connecta amb la clavilla de la bomba de buit mentre que l'altre es connecta amb el cable d'entrada al transformador. Com a mesura de protecció es connecta un fusible abans del transformador per tal de protegir el circuit davant qualsevol eventualitat. D'un born del transformador i un del fusible es connecta un cable que acaba amb una clavilla al seu extrem per endollar-lo a la corrent. Finalment es calibra el temporitzador mitjançant els dos potenciòmetres, un que permet regular el temps de funcionament i l'altre que regula el temps de repòs. S'opta per una configuració de 1 minut de funcionament i 5 minuts de repòs.

Es regula el temps de funcionament de la bomba de buit per assegurar que la pressió a l'interior de l'olla sigui suficientment baixa com per fer una correcta deshidratació al buit i, alhora, no comprometre la integritat de dita bomba. Idealment, la bomba de buit hauria d'estar en marxa durant tot el temps que dura la deshidratació per mantenir una pressió constant i extreure l'aigua a mesura que sublima. Tanmateix, és inviable mantenir-la encesa durant tot el procés, ja que el temps necessari per realitzar la deshidratació és massa gran i el sobrecalentament que patiria la faria malbé. Donat que en les proves que es realitzen la

quantitat d'aigua sublimada és petita és acceptable limitar el temps de funcionament de la bomba de buit sense que se'n vegi compromès el resultat.

Fig. 7-4. Detall del circuit amb temporitzador

7. A continuació es connecten les mànegues de la bomba de buit: es connecten dues mànegues, una que es connecta entre l'olla i la vàlvula de baixa pressió, i una altra que es connecta entre la vàlvula de servei i la bomba de buit. La mànega que es connecta a l'olla es fa passar pel mateix lloc que ho fa el cable de la resistència per minimitzar la possible entrada d'aire exterior a l'interior del congelador.

8. El següent pas consisteix en introduir els filets de truita al sistema: es col·loca un filet de peix dins l'olla, sobre la superfície opaca. Dins de l'olla s'hi insereix també el mesurador de temperatura amb la sonda de penetració d'aliments per conèixer la temperatura a l'interior de l'olla així com la del filet, i poder comparar amb la temperatura del congelador. Es punxa la part central del filet amb la sonda de penetració d'aliments, en el sentit transversal a l'eix de l'espina dorsal. Un cop fet això es tanca la tapa de l'olla ajustant-la bé per impedir l'entrada d'aire. L'altre filet de truita es desa sobre un plat que va inserit dins el congelador, col·locat al damunt de l'olla.

Fig. 7-5. Muntatge de l'olla al congelador

9. Per últim, es connecten el circuit amb el temporitzador i la resistència elèctrica juntament amb el ventilador per iniciar la deshidratació una hora després d'haver introduït la truita al congelador, per permetre que s'hagin format els cristalls de gel.

Per conèixer la pèrdua de pes del filet de truita durant la deshidratació s'ha de desfer el buit per poder agafar el peix de l'olla. Es desconnecta la mànega de l'olla i es permet l'entrada d'aire, pressionant l'obús, per poder obrir la tapa. Un cop fet això es treu el filet de l'olla per pesar-lo. S'aprofita el moment de pesar el filet per eliminar l'aigua que ha quedat congelada a l'olla, evitant que pugui taponar el tub de plàstic. Es treu el muntatge de prestatges i després d'uns minuts per permetre el desglaç es passa un drap per l'interior de l'olla per eliminar l'aigua. A continuació es retornen els prestatges a l'olla i es torna a introduir el filet un cop pesat. Per últim es fa el buit de nou per continuar amb la deshidratació.

Per altra banda, per evitar una contaminació excessiva de l'oli de la bomba de buit a causa de l'aigua aspirada de l'olla es realitza un canvi periòdic de l'oli. Aquesta operació es repeteix cada setmana. L'oli substituït es sotmet a un procés de regeneració per poder ser reutilitzat. Aquest oli s'introdueix a un forn durant 5 hores a una temperatura de 150ºC. S'escull aquesta temperatura perquè permet l'evaporació de l'aigua que ha absorbit l'oli, en ésser superior a 100ºC, i a més impedeix la craquització de l'oli, una descomposició a causa de l'alta temperatura dels seus components que impediria tornar a utilitzar-lo.

7.3. Realització de les proves de deshidratació

7.3.1. Primera prova

En aquesta primera prova es realitza una deshidratació segons el mètode explicat a l'apartat 7.2.1. El nivell de deshidratació és prou elevat com per poder observar clarament els seus

efectes en la mostra utilitzada. Es deshidrata fins aproximadament la meitat respecte el pes inicial de la truita, en concret un 55,03%, tal i com es pot observar a la Taula 7.1.

Deshidratació		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	150,69	0,00
24	113,02	25,00
48	99,63	33,88
120	80,11	46,84
144	73,09	51,50
168	67,77	55,03

Taula 7.1- Deshidratació. Primera Prova

Per procedir a la rehidratació del filet de mostra es prepara un recipient amb 1 litre d'aigua a temperatura ambient. S'introdueix el filet dins d'aquest bany i es desa el temps necessari per tal que la truita absorbeixi la quantitat d'aigua que ha perdut durant la deshidratació.

A la Taula 7.2 es pot observar que la rehidratació no presenta uns resultats satisfactoris, ja que s'aconsegueix recuperar un percentatge de pes reduït i es necessita una quantitat de temps massa elevada.

Rehidratació		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	67,77	44,97
5	70,80	46,98
10	71,52	47,46
15	72,60	48,18
20	72,90	48,38
30	74,21	49,25
60	75,75	50,27
75	76,48	50,75
150	79,11	52,50
315	82,67	54,86
1350	92,29	61,24
1500	92,64	61,48

Taula 7.2- Rehidratació. Primera prova

Per altra banda, a la Fig. 7-6 es pot comprovar que la truita ha patit una apreciable disminució de qualitat de les seves propietats organolèptiques. En concret, la carn ha experimentat un enfosquiment excessiu i s'observa una contracció destacable als extrems. Aquest fet desaconsella el seu consum i, en conseqüència, aquest grau de deshidratació no és l'idoni per assolir l'objectiu buscat. Aquests resultats es donen perquè s'ha deshidratat a

una velocitat massa baixa i això ha provocat que es tanquin els porus de la truita impedint una correcta rehidratació.

Fig. 7-6. Truita deshidratada per convecció a la cambra

7.3.2. Segona prova

En aquesta prova es continua treballant amb el mateix mètode de deshidratació utilitzat en la prova anterior. Donat que en l'anterior prova el temps de deshidratació es va mostrar excessiu s'opta per disminuir el temps i, per tant, també disminueix el grau de deshidratació. Concretament, es deshidrata la truita fins al 22,6% respecte el seu pes inicial, tal i com s'observa a la Taula 7.3.

Deshidratació		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	160,03	0,00
2,5	139,50	12,83
24	123,87	22,60

Taula 7.3- Deshidratació. Segona prova

A la Taula 7.4 es pot observar que la rehidratació tampoc presenta uns resultats satisfactoris, ja que la truita continua recuperant un percentatge de pes reduït i es necessita una quantitat de temps massa elevada. Comparant ambdues proves el pes recuperat durant la rehidratació és molt similar. Per altra banda, la truita també ha patit en aquest cas una pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques. Si bé l'enfosquiment que ha experimentat és menys apreciable degut a la disminució del temps de deshidratació, s'hi torna a observar una contracció destacable als extrems. Com en el cas anterior l'aparença de la truita fa que no sigui apta pel consum i, en conseqüència, aquest grau de deshidratació tampoc permet aconseguir l'objectiu marcat. Igual que en la prova anterior, els resultats

deficients es produeixen a causa d'haver deshidratat a una velocitat massa baixa provocant el tancament dels porus de la truita, impedint-ne així una bona rehidratació.

Rehidratació		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	67,77	42,35
5	71,03	44,39
10	71,67	44,79
15	72,89	45,55
20	73,15	45,71
30	74,33	46,45
60	75,94	47,45
75	76,74	47,95
150	79,29	49,55
315	82,77	51,72
1350	92,42	57,75
1500	92,83	58,01

Taula 7.4- Rehidratació. Segona prova

7.3.3. Tercera Prova

Tenint en compte que en les anteriors proves els resultats no han sigut els esperats degut a que el temps de deshidratació necessari ha demostrat ser excessiu, es decideix continuar les proves seguint la metodologia explicada a l'apartat 7.2.2. Utilitzant aquest mètode, en el recinte on es realitza la prova, és a dir, l'interior de la nevera, la humitat relativa és força més baixa que a la cambra frigorífica. En dades, la humitat relativa mitja durant la deshidratació és del 68% a la cambra frigorífica, i del 16% en la nevera (consultar annexos C.1 i C.2). Com ja s'ha explicat a l'apartat 5.1. una disminució en la humitat relativa deriva en un menor temps necessari per completar la deshidratació, que és el que precisament es desitja.

Per tal de comprovar si es produeixen millores utilitzant aquest altre mètode es realitza una deshidratació en un grau major que el de l'anterior prova. Concretament, es deshidrata la truita fins al 41,88% respecte el seu pes inicial, tal i com es pot comprovar a la Taula 7.5.

Deshidratació		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	143,97	0,00
19	86,88	39,65
22	83,68	41,88

Taula 7.5- Deshidratació. Tercera prova

A la Taula 7.6 es pot observar que efectivament s'han produït certes millores en la rehidratació. Ha augmentat el percentatge de pes recuperat, però encara no és suficient per arribar a un nivell acceptable. Tanmateix, el temps necessari per la rehidratació continua sent massa elevat. Per altra banda, la pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques és similar a les de la segona prova. Si bé l'enfosquiment experimentat és poc apreciable, continua apareixent una contracció destacable als extrems. Això provoca que com en el cas anterior no sigui apte pel consum. Igual que en la prova anterior, els resultats deficients es produeixen a causa de que el temps de deshidratació no és l'adequat provocant el tancament dels porus de la truita.

Rehidratació		
Temps [min]	**Pes [g]**	**Pes respecte inicial [%]**
0	83,68	58,12
10	88,40	61,40
20	90,44	62,82
30	92,40	64,18
60	95,65	66,44
120	101,60	70,57
1300	116,69	81,05
2800	123,70	85,92

Taula 7.6- Rehidratació. Tercera prova

7.3.4. Quarta Prova

En aquesta prova s'utilitza el mateix mètode que a la tercera. S'opta per realitzar una deshidratació menor que en el cas anterior per tal d'observar si la rehidratació ofereix millors resultats. En concret, es deshidrata únicament un 18,91%.

Deshidratació		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	166,87	0,00
7,5	135,31	18,91

Taula 7.7- Deshidratació. Quarta prova

A la Taula 7.8 es pot observar que no s'ha produït cap millora apreciable en la rehidratació, sent fins i tot en aquest cas menor la recuperació de pes. A més, el temps necessari per la rehidratació continua sent massa elevat.

Rehidratació		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	135,31	81,09
30	141,42	84,75
60	142,98	85,68
90	144,85	86,80
930	154,73	92,72
990	155,13	92,96

Taula 7.8- Rehidratació. Quarta prova

No obstant, la pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques és menor en aquest cas degut a la disminució del temps de deshidratació. L'enfosquiment experimentat és poc apreciable, i la contracció del filet és poc important (observar Fig. 7-7). Això possibilita que sigui apta pel consum. Igual que en la prova anterior, els resultats deficients en termes de la rehidratació es produeixen a causa d'haver deshidratat durant un temps inadequat, el que es tanquin els porus de la truita dificultant la reabsorció d'aigua.

Fig. 7-7. Truita deshidratada per convecció a la nevera

7.3.5. Cinquena Prova

En aquesta prova s'ha mantingut desconnectat el ventilador per tal de comprovar si una disminució en la velocitat de deshidratació comporta un augment de la capacitat d'absorció d'aigua del peix durant la rehidratació. En les dues primeres proves els resultats no eren satisfactoris per ser la deshidratació massa lenta. En les següents proves, és probable que la causa sigui una velocitat excessiva. Per aquest motiu no hauria donat temps a que l'aigua continguda en les capes més interiors de la truita arribi a la superfície per difusió, reemplaçant l'aigua evaporada que conforma la superfície humida que inicialment presenten els filets. Aquest fet donaria lloc a la formació d'una superfície compacta que tanca els porus del filet.

En aquest cas es realitza una deshidratació d'una magnitud semblant a la de l'anterior prova per tal de poder comparar els resultats d'ambdues, concretament d'un 16,37% (veure Taula 7.9).

Deshidratació		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	122,09	0,00
6	115,45	5,44
22	102,10	16,37

Taula 7.9- Deshidratació. Cinquena prova

A la Taula 7.10 es pot advertir que la rehidratació mostra en aquest cas pitjors resultats. La recuperació de pes és en aquest cas molt menor que en les anteriors proves. La pèrdua de propietats organolèptiques és anàloga a l'experimentada per la mostra de la tercera prova, ja que el temps de deshidratació i les condicions de temperatura i humitat són les mateixes.

Rehidratació		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	102,10	83,63
15	103,80	85,02
30	104,40	85,51
60	105,42	86,35
120	106,46	87,20
240	107,11	87,73

Taula 7.10- Rehidratació. Cinquena prova

Aquests resultats es donen pel fet que la diferència d'humitats relatives entre la nevera i la cambra frigorífica es compensa per la major circulació d'aire en aquesta última. La humitat relativa és molt més baixa a la nevera que a la cambra frigorífica, el que contribueix a augmentar la velocitat de deshidratació. Tanmateix, el gran caudal d'aire que mouen els ventiladors de la cambra frigorífica provoca un flux d'aire que millora la transferència de calor. Aquesta millora resulta ser més efectiva que la assolida amb la disminució d'humitat entre ambdós màquines, i explica que els resultats obtinguts en aquesta prova siguin pitjors que els de les proves a la cambra frigorífica. Es pot concloure, per tant, que mantenir apagat el ventilador no és adequat pel procés de deshidratació.

7.3.6. Sisena Prova

En les anteriors proves no s'ha aconseguit arribar a uns resultats satisfactoris a causa del tancament dels porus de la truita durant la deshidratació. Per aquest motiu en aquesta prova s'intenta posar remei a dita situació.

Durant el procés de deshidratació s'han realitzat puncions arbitràries amb una agulla al llarg de tota la superfície del filet de peix. Aquest procediment es realitza periòdicament durant el temps que dura la deshidratació. En concret, es realitza una sèrie de puncions cada 15 minuts. El motiu d'aquesta experiència és el d'intentar evitar que es formi la capa seca a la superfície de la truita que impedeix la correcta rehidratació. Amb les puncions es busca crear petits orificis que permetin l'aigua penetrar a les capes interiors del peix. Aquesta operació s'aplica a un filet mentre que s'utilitza un altre filet, que no rep cap alteració a part de la pròpia deshidratació, per tal de poder fer una comparativa.

S'utilitza una agulla per fer les funcions per tal que els orificis siguin imperceptibles a la vista, ja que l'objectiu últim del projecte és proporcionar truita deshidratada que sigui vàlida pel gran consum.

Deshidratació filet 1		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	81,58	0,00
4	71,00	12,97

Taula 7.11- Deshidratació filet 1. Sisena prova

Deshidratació filet 2		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	73,42	0,00
4	61,75	15,89

Taula 7.12- Deshidratació filet 2. Sisena prova

En aquest cas es realitza una deshidratació de petita magnitud, tal i com es pot apreciar a les Taules 7.11 i 7.12. No cal deshidratar fins un major percentatge ja que amb aquest nivell de deshidratació es pot apreciar si s'ha produït una millora. Observant les dades de la rehidratació a les Taules 7.13 i 7.14. es pot constatar que el fet de realitzar les puncions durant la deshidratació no aporta una millora significativa a la rehidratació de la truita, ja que no s'aprecien diferències destacables entre els dos filets de la mostra. Aquests resultats, de la mateix manera, són similars als obtinguts en proves anteriors utilitzant el mateix mètode de deshidratació.

Rehidratació filet 1		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	71,00	87,03
15	73,27	89,81
30	74,18	90,93
60	75,26	92,25
90	76,06	93,23

Taula 7.13- Rehidratació filet 1. Sisena prova

Rehidratació filet 2		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	61,75	84,11
15	63,63	86,67
30	64,45	87,78
60	65,51	89,23
90	66,13	90,07

Taula 7.14- Rehidratació filet 2. Sisena prova

Arribats a aquest punt sense haver obtingut uns resultats acceptables, s'opta per canviar el mètode de deshidratació en espera de millors resultats. D'ara en endavant es continuaran les proves realitzant un deshidratat per buit, que es caracteritza per oferir un producte sense reducció de volum ni contracció respecte el producte inicial. A més, en sublimar l'aigua congelada romanen intactes els porus,el que facilita la posterior absorció d'aigua.

7.3.7. Setena Prova

A partir d'aquesta prova es comença a experimentar amb el mètode de deshidratació per congelació al buit (en endavant deshidratació per buit) explicat a l'apartat 7.2.3.

Cal comentar que tant en aquesta prova com en les que segueixen el temps que apareix a les taules de resultats de la truita deshidratada per buit corresponen al temps efectiu de deshidratació. Això és degut a que en aquest cas els aparells necessaris per dur a terme la deshidratació no es mantenen en funcionament durant tot el procés, sinó que estan encesos únicament durant una certa quantitat d'hores al dia. En canvi, quan es tracta de la truita deshidratada per convecció al congelador sí que coincideixen el temps efectiu i el temps real de deshidratació.

En aquesta prova s'utilitza un filet de truita per realitzar la deshidratació per buit i un altre filet es desa a l'interior del congelador perquè deshidrati per convecció. D'aquesta manera es poden comparar els resultats obtinguts mitjançant ambdós mètodes. Per identificar el dos

filets s'utilitza la següent nomenclatura: el filet 1 correspon al deshidratat per buit i el filet 2 al deshidratat per convecció.

Es deshidraten els filets 1 i 2 en un percentatge del 14,1% i el 10,98% respectivament, tal i com es pot veure a les Taules 7.15 i 7.16.

Deshidratació filet 1		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	81,04	0,00
8	74,30	8,32
16	72,61	10,40
24	71,45	11,83
32	69,61	14,10

Taula 7.15- Deshidratació filet 1. Setena prova

Deshidratació filet 2		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	93,35	0,00
24	87,84	5,90
48	86,15	7,71
72	85,04	8,90
96	83,10	10,98

Taula 7.16- Deshidratació filet 2. Setena prova

Un cop finalitzada la deshidratació, es procedeix a realitzar la rehidratació d'ambdós filets. Amb una pipeta s'afegeixen 10 gotes de colorant al recipient d'aigua on es rehidrata la truita. El colorant utilitzat és violeta de genciana, que proporciona un bon contrast amb el color de la truita. Amb la utilització del colorant es vol observar si durant la rehidratació, a més de ser aquesta satisfactòria, l'aigua penetra dins les capes interiors del peix.

Els resultats mostren una rehidratació prou correcta en termes de recuperació de pes, si bé en haver deshidratat un petit percentatge no es poden apreciar grans millores respecte proves anteriors. De la mateixa manera, els resultats són similars en ambdós dos filets.

Rehidratació filet 1		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	69,61	85,90
150	76,58	94,50

Taula 7.17- Rehidratació filet 1. Setena prova

Rehidratació filet 2		
Temps [min]	**Pes [g]**	**Pes respecte inicial [%]**
0	83,10	89,02
150	89,63	96,01

Taula 7.18- Rehidratació filet 2. Setena prova

On s'ha produït una gran millora és en la pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques, com era d'esperar (observar Fig. 7-8).

Fig. 7-8. Truita deshidratada per buit

A l'apartat 5.2. ja s'ha explicat que amb aquest mètode hi ha una menor pèrdua de qualitat de les propietats organolèptiques. En aquest cas la truita deshidratada per buit no mostra signes d'enfosquiment de la carn ni presenta la contracció característica de l'anterior mètode. Tanmateix, el filet deshidratat per convecció mostra característiques semblants a causa de les baixes temperatures, si bé continua donant-se una certa contracció en els extrems. Aquesta contracció, però, és menor que la mostrada en anteriors proves.

A la Fig. 7-9 es pot veure clarament que el colorant només ha tenyit la capa superficial del peix. Això indica que l'aigua absorbida no ha arribat a penetrar en les capes internes del filet. L'explicació més probable és que el grau de deshidratació hagi sigut massa petit. Això ha provocat que únicament hagi sublimat l'aigua de la superfície de la truita. L'aigua que conté la truita al seu interior no ho ha fet i, per tant, no s'han mantingut oberts els porus que afavoreixen la posterior rehidratació.

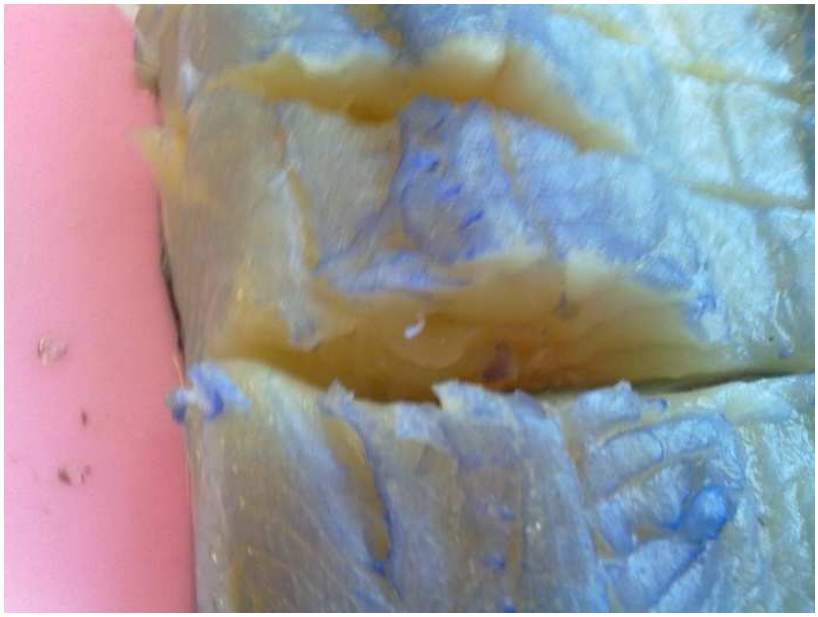

Fig. 7-9. Detall del filet rehidratat amb violeta de genciana

7.3.8. Vuitena Prova

Donat que l'anterior prova va oferir indicis de que la deshidratació per buit pot donar bons resultats, l'objectiu d'aquesta prova és comprovar si augmentant el grau de deshidratació s'aconsegueix que el colorant penetri en les capes interiors del peix. Això significaria que la deshidratació per buit funciona correctament, afavorint una bona rehidratació de la truita. Igual que a la prova anterior, a aquesta prova s'utilitza un filet de truita per realitzar la deshidratació per buit i un altre filet per convecció per comparar els resultats. Per identificar el dos filets s'utilitza la següent nomenclatura: el filet 1 correspon al deshidratat per buit i el filet 2 al deshidratat per convecció.

Es realitza una deshidratació del filet 1 de 31,19%, i en el filet 2 aquest valor és del 21,81%, tal i com es mostra a les Taules 7.19 i 7.20. Aquest percentatge és considerat suficient com per què s'hagi sublimat part de l'aigua pertanyent a les capes interiors del peix. Cal esmentar la Taula 7.19 i les següents indicades són versions resumides, on no es presenten totes les anotacions que s'han fet en l'experimentació. A l'annex B es poden consultar les taules corresponents amb totes les dades de pes que s'han pres al llarg de la prova.

S'ha de tenir en compte que durant el procés de deshidratació s'ha produït un contratemps amb el filet 1 en un dels dies. Per impossibilitat momentània d'utilitzar la bàscula, el filet 1 va passar més temps del compte fora de l'olla. La diferència entre la humitat relativa de l'ambient i la pròpia del peix va provocar que absorbís una certa quantitat de vapor d'aigua, augmentat lleugerament el seu pes. Es pot apreciar aquest fet a la Taula. B.1 de l'annex B.

Deshidratació filet 1		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	93,75	0,00
24	87,60	6,56
48	83,40	11,01
72	81,42	13,15
96	75,27	19,71
120	69,39	25,98
128	66,57	28,99
136	64,51	31,19

Taula 7.19- Deshidratació filet 1. Vuitena prova

Deshidratació filet 2		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	120,62	0,00
24	117,80	2,34
96	113,25	6,11
120	111,99	7,15
144	111,22	7,79
168	109,94	8,85
264	106,81	11,45
288	106,11	12,03
336	101,77	15,63
360	100,84	16,40
432	99,28	17,69
456	98,56	18,29
480	97,67	19,03
504	97,02	19,57
528	96,99	19,59
600	95,73	20,64
648	94,83	21,38
672	94,55	21,61
677	94,31	21,81

Taula 7.20- Deshidratació filet 2. Vuitena prova

Tal i com es pot observar a les Taules 7.21 i 7.22, els resultats obtinguts en la rehidratació són satisfactoris, amb una recuperació de pes quasi completa (el filet 1 rehidratat té un pes del 99,82% respecte el seu pes inicial) i en un temps raonable. Cal destacar que el filet 2, deshidratat per convecció,mostra també un bon nivell de rehidratació en termes de recuperació de pes, ja que s'arriba a un 96,66% del pes inicial. La pèrdua de qualitat de les

propietats organolèptiques és la mateixa que a la prova anterior, ja que ambdós filets estan sotmesos a idèntiques condicions.

Rehidratació filet 1		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	64,51	68,81
150	93,58	99,82

Taula 7.21- Rehidratació filet 1. Vuitena prova

Rehidratació filet 2		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	94,31	78,19
150	116,59	96,66

Taula 7.22- Rehidratació filet 2. Vuitena prova

En no disposar de violeta de genciana, en aquest cas el colorant utilitzat és tartracina, un colorant àmpliament utilitzat en la indústria alimentària. (Es prepara una dissolució de tartracina en aigua al 0,25% de concentració) 2,5 g de tartracina en un 1l d'aigua a temperatura ambient). A nivell de penetració del colorant, sí que es distingeix una gran diferència entre els dos filets, ja que com es veu reflectit a la Fig. 7-10 el filet 1 presenta una bona coloració de les capes internes. No obstant, el color escollit en aquesta prova no proporciona un alt contrast amb el color del peix per poder observar amb claredat el nivell de coloració de la carn del peix.

Fig. 7-10. Detall del filet 1 rehidratat amb tartracina

Al filet 2, en canvi, el colorant només ha tenyit la part superficial de la carn de la truita, com s'aprecia a la Fig. 7-11.

Fig. 7-11. Detall del filet 2 rehidratat amb tartracina

Aquesta prova dóna indicis de que la deshidratació per buit efectivament proporciona filets de truita que es rehidraten correctament. El fet que s'observi que el colorant ha arribat a la part més interior del peix indica que l'aigua ha penetrat uniformement a tot el filet. Això possibilita que durant la rehidratació es pugui afegir un altre sabor a la truita, que és l'objectiu últim del projecte.

7.3.9. Novena Prova

En aquesta prova es pretén assolir diversos objectius, i per això es deshidrata més d'un filet a l'hora per la metodologia del buit. En primer lloc, i a l'igual que en proves anteriors, es busca observar el grau de rehidratació que s'aconsegueix utilitzant aquest mètode de deshidratació. Amb un primer filet es segueix la mateixa metodologia que a la prova anterior, però utilitzant un colorant que presenti un alt contrast amb el propi color del peix i així observar clarament si el colorant penetra dins les capes internes del filet. A continuació s'utilitza un segon filet per rehidratar-lo amb aigua i posteriorment cuinar-lo per tastar-ne el gust i comparar-lo amb el d'una truita fresca. Per últim, amb el filet restant es realitza una rehidratació amb una dissolució preparada que pretén donar un altre sabor al peix, que es cuina i tasta per comprovar-ne els resultats.

Cal destacar que en aquest cas s'aplica la deshidratació per buit a tres filets de truita, mentre que a l'altra es realitza per convecció per tal de comparar resultats. D'ara en endavant

s'utilitza la nomenclatura de filet 1, filet 2, filet 3 i filet 4 per referir-se als diferents filets de truita utilitzats en aquesta prova. El filet 4 és el que s'ha deshidratat mitjançant convecció.

S'han seguit tres processos diferents en la rehidratació. En cap cas s'ha descongelat el peix abans de la rehidratació, sinó que s'ha introduït directament al bany preparat en cada cas. Durant el procés de descongelació l'aigua encara continguda en forma de gel passa a l'estat líquid provocant una pèrdua de porositat. Evitant el desglaç d'aquesta aigua abans de la rehidratació es busca aprofitar al màxim la porositat que presenta el peix tractat.

Els procediments emprats són els següents:

1) Rehidratació amb colorant per observar si es manté un grau de porositat correcte després de la deshidratació:

En aquest procediment s'utilitzen els filets 1 i 4. D'aquesta manera es poden apreciar les diferències entre un filet deshidratat per buit i un per convecció vers la qualitat del producte obtingut. Donat que en l'anterior prova s'ha observat que el filet deshidratat per buit presentava un bon resultat en la rehidratació, es realitza una deshidratació d'un percentatge similar (consultar Taules 7.23 i 7.24). La taula 7.23 és una versió resumida (veure annex B.2).

Deshidratació filet 1		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	84,17	0,00
8	76,49	9,12
16	75,20	10,66
24	74,19	11,86
32	71,31	15,28
40	69,07	17,94
48	67,54	19,76
56	65,94	21,66
64	64,58	23,27
72	62,81	25,38
80	61,63	26,78
88	60,62	27,98
96	59,09	29,80
104	57,77	31,37
108	56,76	32,57

Taula 7.23- Deshidratació filet 1. Novena prova

Deshidratació filet 4		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	83,96	0,00
96	77,96	7,15
116	77,17	8,09
140	76,27	9,16
164	75,42	10,17
192	74,43	11,35
284	72,86	13,22
308	72,28	13,91
332	71,75	14,54
356	71,29	15,09
431	70,02	16,60
452	69,68	17,01
476	69,01	17,81
501	68,55	18,35
505	68,29	18,66

Taula 7.24- Deshidratació filet 4. Novena prova

Els filet 1 i 4 s'han rehidratat amb una dissolució en aigua del colorant E-132 (Indigotina) amb una concentració de l'1% (en concret, s'ha dissolt 1,25g d'aquest colorant en 1,25l d'aigua). S'ha col·locat el bol amb els filets a la nevera per tal de mantenir la truita a una baixa temperatura, de manera que no se'n vegi afectada la qualitat durant la rehidratació. S'ha escollit un temps de rehidratació de 20 hores per tal de donar un temps més que suficient per la rehidratació. D'aquesta manera es pot observar clarament si el colorant ha penetrat dins les capes interiors del filet un cop acabada la rehidratació.

Tal i com es pot observar a les Taules 7.25 i 7.26, en aquest procediment s'han obtingut uns bons resultats en el filet deshidratat per buit a nivell de recuperació de pes (un 99,04%).

Rehidratació filet 1		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	56,76	67,43
120	75,44	89,63
180	76,95	91,42
1500	83,36	99,04

Taula 7.25- Rehidratació filet 1. Novena prova

Rehidratació filet 4		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	68,29	81,34
120	79,86	95,12
180	81,19	96,70
1500	85,12	101,38

Taula 7.26- Rehidratació filet 4. Novena prova

S'ha de destacar que el filet deshidratat per convecció presenta uns resultats de recuperació de pes a nivell de percentatge molt semblants; en aquest cas un 101,38%, és a dir, una mica més del pes inicial (consultar Taula 7.26). Si més no, a nivell de valor absolut, la recuperació de pes és menor que en el cas del filet 1. Per altra banda, a nivell de penetració del colorant els resultats són desfavorables.

A la Fig. 7-12 es pot observar com les capes interiors del filet deshidratat per buit mostren una bona absorció del colorant. Això indica que, efectivament, aquesta deshidratació proporciona un producte amb una porositat tal que permet una posterior rehidratació satisfactòria.

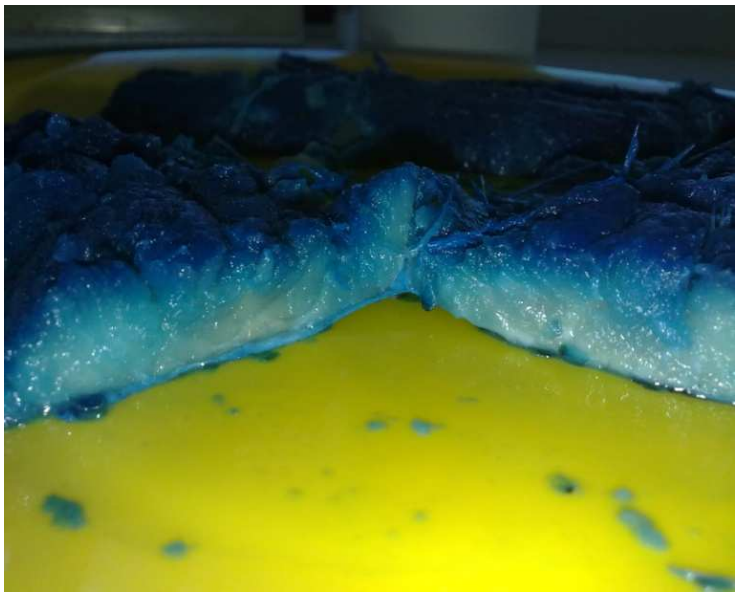

Fig. 7-12. Detall del filet 1 rehidratat amb indigotina

Fig. 7-13. Detall del filet 4 rehidratatat amb indigotina

Al filet 4, en canvi, el colorant només ha tenyit la part superficial de la carn de la truita, com s'aprecia a la Fig. 7-13 . Així, es pot comprovar que la deshidratació per convecció no és útil per l'objectiu que es pretén assolir.

2) Rehidratació amb aigua i posterior cocció per comparar el sabor amb el d'una truita no tractada:

El filet 2 s'ha rehidratat únicament amb un litre d'aigua. En aquest procediment la rehidratació es prolonga únicament durant 25 minuts, encara que d'aquesta manera no es permeti completar-la. Això és degut a què es busca provar que el procés de deshidratat aplicat al peix serveix per obtenir un producte que es rehidrata ràpidament cara a cuinar-ho posteriorment. Igual que en el cas del filet 1, s'ha realitzat una deshidratació d'un percentatge similar a la realitzada en la prova anterior. Es pot comprovar això a la Taula 7.27. (Versió resumida, consultar taula completa a annex B.3.)

Deshidratació filet 2		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	93,19	0,00
24	82,05	11,95
48	76,32	18,10
72	71,54	23,23
112	65,02	30,23
120	65,32	29,91

Taula 7.27- Deshidratació filet 2. Novena prova

Com s'ha esmentat anteriorment, en aquest procediment s'ha prioritzat trobar una solució de compromís entre un nivell de rehidratació acceptable i un temps de rehidratació curt tal que no es faci malbé el filet per estar massa temps en remull i no suposi un temps de preparació per menjar excessiu cara a un futur consumidor. Durant la rehidratació (els 25 minuts ja comentats) el filet ha recuperat pes fins a un 87,87% respecte el pes inicial (observar Taula 7.28.).

Rehidratació filet 2		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	65,32	70,09
5	76,45	82,04
10	78,23	83,95
20	80,43	86,31
25	81,89	87,87

Taula 7.28- Rehidratació filet 2. Novena prova

Després d'una cocció realitzada amb planxa elèctrica, s'ha procedit a tastar el peix comprovant que conserva un bon sabor i, fins i tot, s'ha potenciat una mica respecte el d'una truita fresca. Això s'explica pel fet que, en haver-hi una petita part d'aigua que s'ha perdut durant la deshidratació i no s'ha recuperat, els soluts queden més concentrats.

3) Rehidratació amb un preparat de crema de llagosta per afegir un sabor a la truita i posterior cocció per comprovar si realment ha adquirit el sabor del preparat:

El filet 3 s'ha rehidratat amb un concentrat de crema de llagosta en pols, ja elaborada per un fabricant, barrejada amb 1l d'aigua per tal de disminuir-ne la densitat. El procés de rehidratació ha durat 25 minuts per la mateixa raó que s'ha esgrimit al procediment 2. Igualment, s'ha realitzat una deshidratació al filet 3 d'un percentatge similar a la realitzada en la prova anterior (consultar Taula 7.29). A l'annex B.4. es pot consultar la taula completa.

Deshidratació filet 3		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	84,38	0,00
24	74,19	12,08
48	69,21	17,98
72	65,10	22,85
96	61,69	26,89
120	59,81	29,12
128	59,31	29,71

Taula 7.29- Deshidratació filet 3. Novena prova

Un cop comprovat que el filet 2 s'ha rehidratat satisfactòriament amb el procediment emprat es pretén afegir al filet 3 un altre sabor que millori el seu sabor natural. A la Taula 7.30 es pot observar que en el procés de rehidratació el filet recupera fins a un 83,23%, percentatge lleugerament inferior al obtingut amb el segon procediment. Això és conseqüència de que el concentrat de llagosta és més dens que l'aigua, dificultant la seva absorció.

Rehidratació filet 3		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	59,31	70,29
15	69,10	81,89
25	70,23	83,23

Taula 7.30- Rehidratació filet 3. Novena prova

Posteriorment a la rehidratació, es cuina el peix seguint la mateixa sistemàtica que en el procediment 2. Això equival a dir que es fa una cocció a la planxa elèctrica, afegint-hi una mica d'oli i sal. En tastar-ho, es comprova que la truita conserva el seu sabor original. En conseqüència, es conclou que la crema de llagosta no ha penetrat adequadament. Una possible causa és que s'ha diluït massa la crema de llagosta, el que ha dificultat que el filet de truita absorbeixi el solut.

7.3.10. Desena Prova

Un cop ja s'ha comprovat que aquest nou mètode de deshidratació proporciona uns resultats satisfactoris en quant a la rehidratació del peix, el que es busca amb aquesta prova és donar un nou sabor a la truita durant el procés de rehidratació. D'aquesta manera es pot obtenir un nou producte amb un valor afegit, que és el principal objectiu del projecte. Es procedeix a deshidratar quatre filets a l'hora per tal de poder experimentar amb més d'un sabor.

D'ara en endavant s'utilitza la nomenclatura de filet 1, filet 2, filet 3 i filet 4 per referir-se als diferents filets de truita utilitzats en aquesta prova. El percentatge de pes perdut pels 4 filets és del 37,39%, 33,37%, 31,61% i 29,39% respectivament.

De la mateixa manera que en la prova anterior, en cap cas s'ha descongelat el peix abans de la rehidratació, sinó que s'ha introduït directament al bany preparat en cada cas per la raó ja comentada amb anterioritat.

Els procediments emprats són els següents:

1) Rehidratació amb un preparat a base de concentrat de gambeta per afegir un altre sabor a la truita i posterior cocció per comprovar si realment ha adquirit aquest sabor:

En aquest procediment s'utilitza el filet 1. Tenint en compte que el intent realitzat a la prova anterior d'afegir un sabor a la truita no ha tingut èxit s'ha optat en aquest cas per augmentar el percentatge de deshidratació fins a un 37,39% (consultar Taula 7.31).A l'annex B.5.es pot consultar la taula completa. El que es pretén amb això és augmentar la mida dels porus resultants de la deshidratació, el que ha de traduir-se en més capacitat per absorbir un nou sabor.

Deshidratació filet 1		
Temps [h]	Pes [g]	Pes perdut [%]
0	54,80	0,00
24	45,87	16,30
48	42,76	21,97
72	40,52	26,06
96	37,58	31,42
120	35,59	35,05
136	34,31	37,39

Taula 7.31- Deshidratació filet 1. Desena prova

Aquest filet s'ha rehidratat amb un preparat a base de concentrat de gambeta. En primer lloc s'han barrejat 1l d'aigua amb 30g de gambeta deshidratada en un 70%, afegint-hi 5g de sal comercial per potenciar el sabor. Aquest preparat es fa bullir durant 20 minuts i posteriorment es deixa refredar 10 minuts per tal de disminuir el contrast de temperatura que patirà el filet de truita en ser introduït en el bany. En aquest procediment es realitza una rehidratació de 30 minuts, obtenint una recuperació de pes fins al 78,19%, com es pot observar a la Taula 7.32.

Rehidratació filet 1		
Temps [min]	Pes [g]	Pes respecte inicial [%]
0	34,31	62,61
20	41,60	75,91
30	42,85	78,19

Taula 7.32- Rehidratació filet 1. Desena prova

Encara que no és un resultat òptim a nivell de recuperació de pes, tal i com s'ha explicat amb anterioritat l'objectiu és obtenir un producte que recuperi ràpidament bona part del contingut d'aigua perdut i a més absorbeixi un altre sabor. És en aquest últim aspecte on s'ha obtingut el principal avenç. Després de rehidratar la truita, que s'ha cuinat de la mateixa manera que s'ha explicat al segon procediment de la prova anterior, s'ha tastat comprovant que, efectivament, el filet tractat ha absorbit el sabor de la gambeta.

Fig. 7-14. Filet rehidratat amb gambeta i cuinat

2) Rehidratació amb un preparat a base de concentrat de gambeta i de tartracina per afegir un altre sabor i color a la truita i posterior cocció per comprovar si realment ha adquirit aquest sabor:

En aquest procediment s'utilitza el filet 2. Donat que en el procediment 1 s'han obtingut resultats satisfactoris es deshidrata aquest filet en un percentatge similar al de l'anterior procediment. En concret, es realitza una deshidratació del 33,37%, tal i com es pot comprovar a la Taula 7.33. A l'annex B.6. es pot consultar la taula completa.

Deshidratació filet 2		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	74,68	0,00
24	64,69	13,38
48	61,80	17,25
72	59,43	20,42
96	56,42	24,45
120	54,63	26,85
144	52,56	29,62
152	51,04	31,66
160	49,76	33,37

Taula 7.33- Deshidratació filet 2. Desena prova

Aquest filet de truita s'ha rehidratat utilitzant el mateix preparat que en el primer procediment d'aquesta prova, però a més s'han afegit 2,5 g de tartracina a la mescla per proporcionar un color més atractiu a la truita. La tartracina és un colorant àmpliament utilitzat en alimentació, com per exemple en la paella per donar a l'arròs el color groguenc. Donat que l'objectiu d'aquest projecte és proporcionar un valor afegit a la truita per tal d'augmentar el seu valor comercial també s'ha de tenir en compte l'aspecte visual que presenta el producte final.

En aquest procediment la rehidratació es prolonga una mica més que en el procediment 1 (40 minuts per 30 minuts en el procediment 1) per estudiar si això provoca un augment significatiu en el percentatge de pes recuperat, encara que d'aquesta manera no es permeti una completa rehidratació. Tal i com es pot observar en la Taula 7.34 la recuperació de pes és molt similar en ambdós casos i, per tant, es demostra que no és eficaç augmentar el temps de rehidratació respecte el primer procediment.

Rehidratació filet 2		
Temps [min]	**Pes [g]**	**Pes respecte inicial [%]**
0	49,76	66,63
25	56,28	75,36
40	58,83	78,78

Taula 7.34- Rehidratació filet 2. Desena prova

La tartracina ha proporcionat a la truita un color més agradable a la vista. Observant la Fig. 7-15 es pot apreciar l'efecte de la tartracina en el filet tractat. Després de rehidratar la truita, cuinada igual que en el segon procediment de la prova anterior, s'ha tastat comprovant que igual que en el primer procediment el filet tractat ha absorbit el sabor de la gambeta. Es pot concloure, per tant, que el preparat de gambeta s'ha demostrat vàlid per afegir un altre sabor a la truita.

3) Rehidratació amb un preparat de crema de marisc per afegir un sabor a la truita i posterior cocció per comprovar si realment ha adquirit el sabor del preparat:

Fig. 7-15 Filet rehidratat amb gambeta i tartracina

El filet 3 s'ha rehidratat amb un concentrat de crema de marisc en pols, ja elaborada per un fabricant, barrejada amb aigua per tal de disminuir-ne la densitat. Tenint en compte que en la prova anterior no es van assolir resultats satisfactoris utilitzant crema de llagosta diluïda amb 1l d'aigua, s'utilitza en aquest cas mig litre. Amb això es pretén que el bany sigui més espès que en el cas ja comentat, afavorint així que la truita absorbeixi el sabor. El procés de rehidratació ha durat 30 minuts per la raó ja comentada en anteriors procediments. Quedant demostrat en els procediments 1 i 2 que el nivell de deshidratació dut a terme proporciona bons resultats es realitza una deshidratació de la mateix magnitud (consultar Taula 7.35). A l'annex B.7. es pot consultar la taula completa.

Deshidratació filet 3		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	92,44	0,00
24	81,80	11,51
48	78,31	15,29
72	75,84	17,96
96	72,28	21,81
120	70,19	24,07
144	68,00	26,44
168	63,59	31,21
192	63,22	31,61

Taula 7.35- Deshidratació filet 3. Desena prova

Un cop verificat que el filet 2 s'ha rehidratat satisfactòriament amb el procediment emprat es pretén afegir al filet 3 un altre sabor que millori el seu sabor natural. A la Taula 7.36 es pot observar que en el procés de rehidratació el filet recupera fins a un 83,23%, percentatge lleugerament inferior al obtingut amb el segon procediment. Això és conseqüència de que el concentrat de llagosta és més dens que l'aigua, dificultant la seva absorció.

Rehidratació filet 3		
Temps [min]	**Pes [g]**	**Pes respecte inicial [%]**
0	59,31	70,29
15	69,10	81,89
25	70,23	83,23

Taula 7.36- Rehidratació filet 3. Desena prova

Després de la rehidratació s'ha procedit a cuinar el filet de truita utilitzant el mètode ja explicat amb anterioritat. S'ha realitzat un tast d'aquest peix tractat i s'ha constatat que en aquest procediment la truita també ha absorbit el sabor que es pretenia afegir, en aquest cas sabor a marisc. Per tant, ja hi ha la possibilitat de donar a una truita dos sabors diferents mitjançant la tècnica de deshidratació utilitzada, quedant provada la seva eficàcia.

4) Rehidratació amb un preparat de crema de llagosta per afegir un sabor a la truita i posterior cocció per comprovar si realment ha adquirit el sabor del preparat:

El filet 4 s'ha rehidratat amb un concentrat de crema de llagosta en pols, el mateix que s'ha utilitzat en la prova anterior. Es vol estudiar si diluint aquest concentrat en la mateixa proporció d'aigua (mig litre) que en el cas de la crema de marisc s'obtenen els resultats que no es van assolir a la prova anterior. Provar això indicaria que per una correcta absorció del sabor és necessari que la dissolució presenti una densitat adient. El procés de rehidratació ha durat 30 minuts per la raó ja comentada en anteriors procediments. Per tal de poder comparar correctament els resultats dels dos filets als quals s'ha volgut afegir sabor de llagosta es realitza en aquest cas una deshidratació de la mateixa magnitud que en el cas de l'altre filet de truita, en concret es deshidrata aquest filet un 29,39% per un 29,71% de l'altre (consultar Taula 7.37). A l'annex B.8.es pot consultar la taula completa.

Deshidratació filet 4		
Temps [h]	**Pes [g]**	**Pes perdut [%]**
0	85,68	0,00
24	79,01	7,78
48	75,51	11,87
72	71,18	16,92
96	68,31	20,27
120	65,32	23,76
144	63,48	25,91
168	61,24	28,52
192	60,50	29,39

Taula 7.37- Deshidratació filet 4. Desena prova

A la Taula 7.38 es pot observar que en el procés de rehidratació el filet recupera fins a un 84,68%, percentatge lleugerament superior al obtingut amb l'altre filet. Aquest fet és un bon indicador de que aquest procediment és més efectiu que l'altre procediment objecte de comparació a nivell de recuperació de pes.

Rehidratació filet 4		
Temps [min]	**Pes [g]**	**Pes respecte inicial [%]**
0,00	60,50	70,61
30,00	72,55	84,68

Taula 7.38- Rehidratació filet 4. Desena prova

Després de la rehidratació s'ha procedit a cuinar el filet de truita utilitzant el mateix mètode que en la resta de procediments. Posteriorment s'ha tastat aquest peix tractat i, a diferència de la prova anterior, s'ha constatat que en aquest procediment la truita sí que ha absorbit el

sabor de llagosta. Per tant, es pot afirmar que la densitat de la dissolució juga un paper destacat a l'hora de permetre que el filet de peix absorbeixi el sabor desitjat.

7.3.11. Conclusions de les proves

Durant la realització de les proves s'ha buscat deshidratar truita de manera que el peix tractat mantingui una bona qualitat i es rehidrati en poc temps. Ha sigut necessari utilitzar tres mètodes diferents de deshidratació, ja que la deshidratació per corrent d'aire forçat no ha proporcionat un producte de les característiques desitjades, tant utilitzant una cambra frigorífica com una nevera on la humitat relativa és menor. Això és degut principalment a què amb els mitjans utilitzats és molt complicat identificar la velocitat de deshidratació idònia per tal d'assolir els resultats esperats. Per cada mètode ha calgut realitzar diverses experiències tant per demostrar que el mètode emprat no és el més adient (cas dels dos primers mètodes) com per comprovar la seva validesa (cas de la deshidratació per buit).

Un cop s'ha provat que la deshidratació per buit sí que permet obtenir un producte que satisfà les necessitats demandades (no es produeix una pèrdua destacable de qualitat en les propietats organolèptiques de la truita i el temps de rehidratació és baix) s'ha demostrat que és possible afegir un altre sabor a la truita. D'aquesta manera s'augmenta el seu valor afegit, que és l'objectiu del projecte. S'ha de tenir en compte que els resultats obtinguts obren un ampli ventall de possibilitats en quant a donar a la truita un sabor diferent al seu propi. A més, també s'ha demostrat que és possible afegir colorants que proporcionin al producte un aspecte més atractiu de cara al consumidor.

8. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació

En aquest apartat s'analitza des d'un punt de vista termoenergètic el procés de deshidratació realitzat en les proves. Es fa un anàlisi per cadascuna de les metodologies utilitzades.

8.1. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació amb corrent d'aire forçat a una cambra frigorífica

Cal analitzar una sèrie de paràmetres que afecten la deshidratació de la truita mitjançant aquest mètode.

El primer paràmetre que cal analitzar és la temperatura de la truita durant la deshidratació. És molt important que la temperatura no superi en cap moment els 5ºC, ja que aquesta és la temperatura a partir de la qual és possible que es produeixi un creixement dels principals microorganismes responsables del deteriorament del peix. Per tant, com ja s'ha comentat, es requereix una temperatura menor de 5ºC per inhibir el creixement de microorganismes nocius per la qualitat del peix. Aquests 5ºC corresponen precisament a la temperatura d'inactivació de la salmonel·la, el microorganisme més perjudicial per la salut dels que pot presentar el peix.

A l'annex C.1 es pot observar la temperatura de la truita durant la deshidratació, que és inferior a 5ºC durant tot el procés.

Un altre paràmetre que cal analitzar és la velocitat de deshidratació, ja que aquest paràmetre afecta significativament el resultat de la deshidratació. Com ja s'ha comentat a l'apartat 5.1, una velocitat de deshidratació massa elevada seca tan ràpid la superfície del producte que no hi ha temps suficient com per que l'aigua de l'interior arribi a la superfície per difusió. Això provoca l'aparició d'una capa impermeable a la superfície de l'aliment que impedeix la sortida a la superfície de l'aigua que queda a l'interior del producte. Per contra, una velocitat de deshidratació massa baixa provoca el tancament dels porus degut a que no l'aigua de l'interior del producte que intenta sortir cap a la superfície veu frenada la seva progressió a causa de que l'aigua de la superfície encara no ha evaporat.

En aquest tipus de deshidratació no es pot calcular amb exactitud la velocitat de deshidratació, ja que canvia a mesura que ho fa el contingut d'aigua. Es pot comprovar això observant l'evolució de la pèrdua de pes. A la gràfica Fig. 8-1. es mostra la pèrdua de pes en funció del temps.

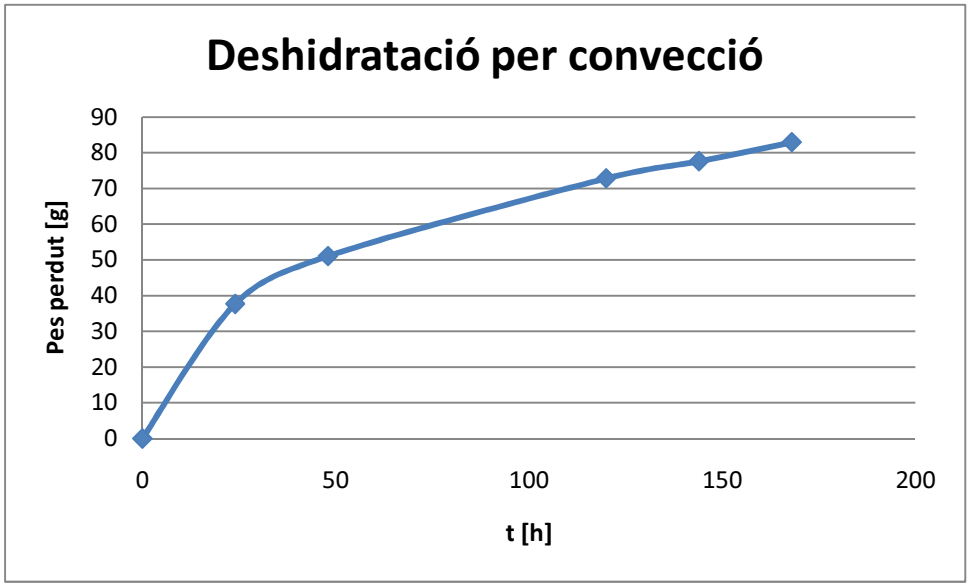

Fig. 8-1. Gràfica Pèrdua de pes - temps en la deshidratació per convecció

Analitzant aquest gràfic es pot deduir que la velocitat de deshidratació té una tendència decreixent però no pateix gaires canvis durant tot el procés ja que la tendència de pèrdua de pes no s'allunya molt d'una tendència lineal, que seria pel cas de velocitat de deshidratació constant. Observant la qualitat de les propietats organolèptiques de la truita deshidratada i la rehidratació es dedueix que s'ha deshidratat a un a velocitat massa baixa. Això és molt probable, ja que la humitat relativa a l'interior de la cambra frigorígica és força alta (d'un 68% de mitjana, veure annex C.1.) tractant-se d'una deshidratació i per tant es ralentitza la deshidratació. Això deriva en una rehidratació deficient.

A l'Eq.7.1 es pot observar la influència directa de la humitat de l'aire en la velocitat de deshidratació:

$$\dot{n} = h_m \cdot (w_s - w_{aire}) \qquad \text{(Eq. 7.1)}$$

On:

$\dot{n}$=velocitat d deshidratació (kg_{H20}/s)

h_m=coeficient de transferència de massa (kg/s)

w_s=humitat relativa de la superfície del producte (kg_{H20}/kg)

w_{aire}=humitat relativa de l'aire (kg_{H20}/kg)

L'últim paràmetre a considerar és l'energia consumida amb aquest mètode. En aquest tipus de deshidratació s'elimina l'aigua de la truita per evaporació. Per tant, l'energia consumida durant la deshidratació serà igual a la quantitat d'aigua evaporada per la calor d'evaporació, que a la temperatura a la que es realitza la deshidratació (uns 3ºC) és igual a 2496kJ/kg.

Cal considerar que a aquest consum d'energia s'hauria de sumar el necessari per mantenir l'interior de la cambra frigorífica a 3ºC sense la presència de la truita.

8.2. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació amb corrent d'aire forçat a una nevera

L'anàlisi termoenergètic de la deshidratació amb corrent d'aire forçat a una nevera és molt semblant al realitzat a l'apartat 8.1, ja que les condicions són les mateixes exceptuant la humitat de l'aire.

El raonament sobre la temperatura és anàleg a lo explicat a l'apartat 8.1. A l'annex C.2 es pot consultar la temperatura del producte durant la deshidratació.

En aquest cas no es pot mostrar un gràfic de l'evolució de la pèrdua de pes durant la deshidratació perquè no hi ha dades suficients. Tanmateix, consultant les taules de pèrdua de pes de l'apartat 7 corresponents a aquest mètode es detecta que la velocitat de deshidratació és major que en el cas anteriors. El gràfic de la pèrdua de pes mostraria una gran velocitat de deshidratació a l'inici de la deshidratació. En arribar al punt en què la migració d'aigua des de capes interiors no compensa la pèrdua d'aigua de la superfície la velocitat de deshidratació decreixeria dràsticament. Aquesta diferència entre ambdós mètodes es deu a la menor humitat relativa que hi ha a la nevera durant la deshidratació.

Observant la qualitat de les propietats organolèptiques de la truita deshidratada i la rehidratació es dedueix que amb aquest mètode es produeix el cas contrari a l'anterior: la deshidratació es desenvolupa a una velocitat massa alta (veure apartat 7.3.1). Consultant l'annex C.2. s'observa que la humitat relativa és en aquest cas força baixa. Aquest fet dificulta la posterior rehidratació.

L'energia consumida per la truita és la mateixa que en cas anterior (2496kJ/kg) ja que en aquest mètode l'aigua també és eliminada per evaporació . L'únic que canvia és el consum de l'habitacle on es realitzen les proves, que és en aquest cas una nevera.

8.3. Anàlisi termoenergètic de la deshidratació per congelació al buit

En aquest cas s'han de realitzar dos anàlisis, un pel filet que deshidrata per convecció a l'interior del congelador i l'altre pel filet/filets que es deshidraten per buit.

8.3.1. Anàlisi termoenergètic del filet deshidratat per convecció al congelador

Pel cas del filet que deshidrata per convecció l'anàlisi és el mateix que el realitzat en els dos casos anteriors.

La temperatura de la truita durant la deshidratació en aquest cas és d'uns -22ºC (veure annex C.3.), per tant no hi ha cap problema de creixement de microorganismes.

La velocitat de deshidratació és en aquest cas molt lenta. Això s'explica pel fet que en aquest cas l'aire impulsat pel ventilador que incideix en la truita es troba a una temperatura molt més baixa que en el cas anterior. A més, la humitat relativa al congelador és elevada, el que també afecta negativament a la velocitat de deshidratació. A la Fig.8-2 s'observa que la velocitat de deshidratació és decreixent però presenta una disminució de velocitat més suau que en els mètodes anteriors.

En observar la rehidratació i la qualitat de les propietats organolèptiques es conclou que la velocitat de deshidratació és massa baixa, tal i com passa en la deshidratació per buit a la cambra frigorífica.

L'energia consumida per la truita és major que en el cas anterior degut a que la temperatura és més baixa(2551kJ/kg), encara que en aquest mètode l'aigua també és eliminada per evaporació . El consum de l'habitacle on es realitzen les proves també es igual. Encara que ara la deshidratació es realitzi al congelador i en el cas anterior en la nevera, el consum de la nevera és el total de refredar el compartiment per conservar aliments i el congelador, no es pot refredar només una part de la nevera.

8.3.2. Anàlisi termoenergètic del filet/s deshidratat/s per buit

En el cas de la deshidratació per buit, l'anàlisi termonergètic s'ha de fer en base a una sèrie de paràmetres diferents als utilitzats en l'altre tipus d'anàlisi.

La temperatura de la truita és també objecte d'estudi en aquest cas. Durant la deshidratació la temperatura és d'uns -20ºC (veure annex C.3), per tant no hi ha cap problema de creixement de microorganismes. Per aquest mètode s'ha d'estudiar, a més, que no es superi la temperatura de col·lapse durant la rehidratació. Això eliminaria les millores aconseguides amb la deshidratació per buit, tal i com s'ha comentat a l'apartat 5.2. La temperatura de col·lapse de la truita varia entre -6ºC/-12ºC, per tant, no hi ha possibilitat que es produeixi el col·lapse.

En la deshidratació per buit la velocitat de deshidratació no és un paràmetre crític. Això és degut a que la fenomenologia física és diferent a la de la deshidratació per convecció. En la deshidratació per buit es congela l'aigua del producte abans d'iniciar la deshidratació. Això crea una estructura de cristalls de gel. A mesura que avança la deshidratació es va reduint el contingut de gel i el porus es manté obert. Aquesta és la gran avantatge d'aquesta tècnica de deshidratació respecta la resta.

En aquest cas l'eliminació d'aigua ve motivada per la diferència de pressions de vapor entre el producte i l'habitacle on té lloc la deshidratació. L'aigua del producte es troba a la pressió de saturació de la seva temperatura. La pressió de vapor al congelador ve determinat per la bomba de buit. De tal manera, si es controla que la temperatura a l'habitacle de deshidratació i la pressió de buit de la bomba són constants, la velocitat de deshidratació serà constant.

En la Fig.8-2 s'observa que la pèrdua de pes segueix una evolució bastant lineal. Aquest és el resultat esperat, ja que durant la deshidratació s'ha intentat mantenir constants tant la temperatura com la pressió a l'interior del congelador. Comparant amb la deshidratació per convecció, s'evidencia que la deshidratació per buit és realitza d'una manera més uniforme.

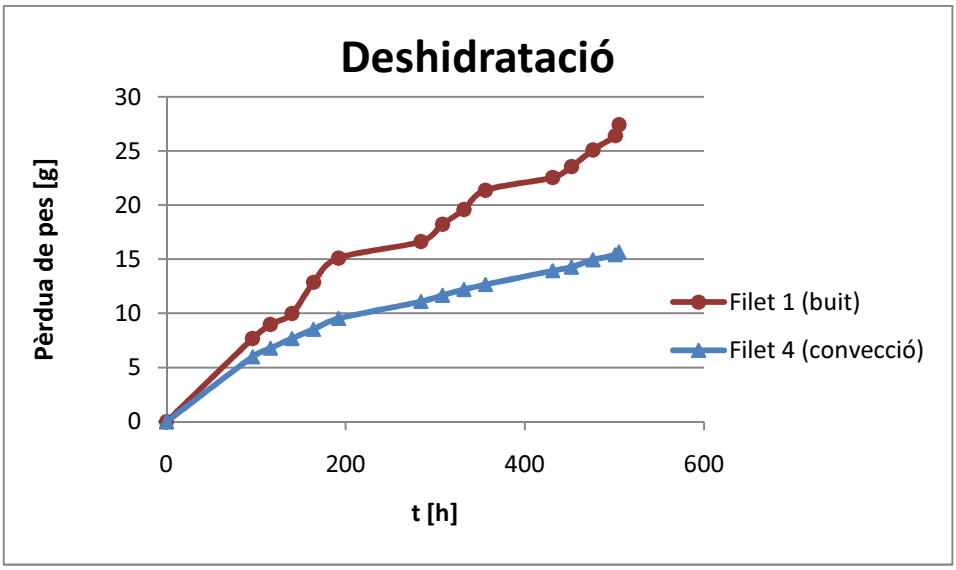

Fig. 8-2. Gràfica Pèrdua de pes - temps en la deshidratació per convecció i buit

Un altre paràmetre que s'ha de controlar en la deshidratació per buit és si la pressió de buit que proporciona la bomba és menor que la pressió de vapor del producte ja que, en cas contrari, no serà possible realitzar la deshidratació. Per calcular la pressió de vapor de la truita s'utilitza l'Eq. 7.1.

$$P_v = \left(exp\frac{a_1}{T} + a_2 + a_3T + a_4T^2 + a_5T^3 + a_6T^4 + a^7\ln(T)\right)x10^{-3} \qquad \text{(Eq. 7.2)}$$

On:

a_1=-5674,5359
a_1=6,3925247
a_1=-9,677843x10^{-3}
a_1=6,2215701x10^{-7}
a_1=2,0747825x10^{-9}
a_1=-9,484024x10^{-13}
a_1=4,1635019

Realitzant el càlcul s'obté que la pressió de vapor a -20ºC és de 0,1032 kPa. A l'annex A.8 es pot observar que la pressió de buit que proporciona la bomba és de 0,03 HPa, el que equival a 10-3 kPa. Per tant, es pot concloure que la bomba de buit utilitzada en les proves proporciona una pressió suficient com per dur a terme la deshidratació amb normalitat.

Per últim, cal analitzar el consum energètic derivat de la deshidratació per buit de la truita. En aquest tipus de deshidratació s'elimina l'aigua de la truita per sublimació. Per tant, l'energia consumida durant la deshidratació serà igual a la quantitat d'aigua sublimada per la calor de sublimació, que és de 2834 Kj/kg. A més, s'ha de sumar el consum energètic de la nevera per mantenir les temperatures requerides.

9. Disseny d'una màquina de deshidratar peix. Proposta d'una planta pilot per deshidratar truita

Amb la realització de les proves s'ha demostrat que és possible afegir un sabor a la truita per augmentar el seu valor comercial. A més, s'ha comprovat que el mètode de deshidratació adequat per dur a terme aquest procediment és la deshidratació per buit.

Un cop establert això, es pretén dissenyar una planta pilot de producció de truita deshidratada a la que posteriorment s'afegeix un altre sabor. Es decideix dimensionar la planta pilot per una producció diària de 25 kg de truita. Aquesta planta s'ubicarà en una piscifactoria per assegurar que la truita tractada és fresca i, per tant, de més qualitat. La funció d'aquesta planta pilot és permetre una experimentació prèvia a la comercialització del producte en unes condicions que garanteixin la màxima qualitat de la truita tractada.

El tractament de la truita en la planta pilot es divideix en tres etapes: obtenció dels filets de truita, deshidratació per buit, i rehidratació de la truita tractada afegint un sabor diferent.

9.1. Obtenció dels filets de truita

El primer component del muntatge consisteix en una màquina de filetejat de truita.

Per tractar la truita s'ha de treballar amb filets per tal d'assegurar una correcta deshidratació, ja que deshidratant la truita sencera es dificultaria la sortida de l'aigua de l'interior del peix. Això es degut a que la relació entre la superfície i el volum de la truita afecta la deshidratació; si aquesta relació és elevada la velocitat de deshidratació és major. La causa és que l'aigua ha de recórrer menys camí fins a arribar a la superfície de la truita, on sublima. A més, utilitzant un producte amb una relació superfície/gruix s'optimitza la deshidratació.

Fig. 9-1- Muntage de la màquina de filetejat de truita

Per altra banda, tal i com s'ha comentat a l'apartat 3, una de les causes de rebuig del peix entre la població és la presència d'espines. Per aquest motiu, es planteja incorporar a la planta pilot una màquina que permet obtenir filets de truita sense espines de manera automàtica.

En realitat, la màquina de filetejat és una combinació de dues màquines independents: una màquina per tallar el cap i la cua del peix i la màquina que talla la truita en filets.

Aquestes dues màquines funcionen automàticament. Només es requereix un operari per col·locar la truita a tallar sobre la cinta transportadora de la màquina per tallar el cap i la cua.

9.1.1. Màquina per tallar el cap i la cua

S'ha escollit el model HeadMaster, de la marca Kroma. Té una capacitat de processament de fins a 180 truites per minut i el rang de treball permès és de 0,15 a 1,5 kg. Els filets es recullen de la piscifactoria i es porten directament a aquesta màquina. És important preparar els filets ràpidament per evitar que augmentin de temperatura. Encara que aquesta màquina està sobredimensionada per la producció actual de truita, es tria amb aquesta capacitat per garantir posteriors increments de la producció un cop s'hagi provat que la planta pilot dóna resultats correctes. El procés que es segueix per tallar el cap i la cua de la truita és el següent:

La truita sencera s'ha de col·locar a la màquina per tallar el cap i la cua. Es diposita el peix en l'inici del carril amb el cap i el ventre cap endavant. La truita avança per la cinta transportadora, i quan arriba a l'àrea de tall un dispositiu sosté el cap i mou el peix cap enrere. D'aquesta forma el cap es talla amb forma d'U per tal d'optimitzar el rendiment.

Un cop s'ha tallat el cap un raspall mou el peix carril enrere fins que la cua arriba a una placa amb un mesurador de gruix. La funció d'aquesta placa és que la cua es talli de manera adequada segons el seu gruix. Després del tall de la cua la truita segueix el seu recorregut per una segona cinta transportadora que connecta amb la màquina de filetejat.

Fig. 9-2- Màquina per tallar el cap i la cua

9.1.2. Màquina de filetejat

S'ha escollit el model FiletMaster 180, de la marca Kroma. Té una capacitat de processament de fins a 180 truites per minut i el rang de treball permès és de 0,15 a 0,75 kg. El raonament de la selecció d'un model amb aquesta capacitat és el mateix que s'ha exposat per la màquina de tallar el cap i la cua. A continuació s'explica el procés que té lloc a la màquina per filetejar la truita:

En primer lloc a la truita se li aplica un tall a l'abdomen amb una fulla de metall circular. Just després d'aquesta fulla hi ha una roda dentada que extreu les vísceres del peix. Una mànega especial succiona les vísceres i les envia a un petit contenidor.

A continuació la truita avança per la cinta transportadora fins que arriba a l'alçada d'una fulla doble que talla el peix des de l'anus fins la cua per sota de l'os del darrere. La distància entre les dues fulles s'ajusta depenent de la mida de la truita.

En el següent punt del procés la truita arriba a un indret amb dues fulles situades a banda i banda de la cinta transportadora. Les aletes del ventre es col·loquen formant un angle tal que es poden extreure les espines i l'os posterior del peix. Una roda metàl·lica afilada situada sobre la cinta transportadora en el seu punt mig pressiona la truita des de dalt tallant la truita en dos filets.

Per últim, els dos filets continuen el seu camí per la cinta transportadora fins a sortir de la màquina. A continuació s'introduiran a la màquina de deshidratació per ser tractats.

Fig. 9-3- Màquina de filetejat

9.2. Deshidratació per congelació al buit

La màquina de deshidratació per buit és la part més important del muntatge, ja que és on es realitza la deshidratació de la truita. El procés a la màquina de deshidratació és el mateix que s'ha seguit a les proves realitzades: en primer lloc es refreda la truita per permetre que l'aigua congeli formant cristalls de gel. A continuació s'inicia la deshidratació, que s'atura quan la truita ha perdut un 35% de pes.

Convé explicar la funció que realitzen els principals components de la màquina de deshidratar:

1. Cambra de deshidratació: és l'espai interior de la màquina de deshidratar. És l'habitacle on es col·loca el producte a deshidratar sobre les safates, i on té lloc la deshidratació.

La forma ideal de la cambra, des del punt de vista constructiu per suportar correctament el buit, seria esfèrica per repartir uniformement la pressió exterior que ha de suportar. Tanmateix, aquest disseny no és pràctic tenint en compte que a l'interior s'han de col·locar unes safates, s'ha d'instal·lar una porta segellada, etc. Per aquest motiu, normalment s'opta per una configuració rectangular, i d'aquesta manera s'optimitza l'espai.

A causa de la gran pressió que s'exerceix sobre les parets de la cambra i de la porta durant la deshidratació, aquestes han de tenir un gruix considerable per tal de garantir que es poden suportar dites pressions. En general, s'opta per posar unes nervadures com a mesura de protecció. Encara que això no protegeix d'una possible implosió de la cambra, d'aquesta manera s'evita posar en perill el personal que treballa a l'entorn de la màquina. A més, a la porta s'hi instal·len uns enclavaments per evitar que s'obri accidentalment la porta quan s'ha fet el buit a l'interior de la cambra.

2.Safates: les safates proporcionen la refrigeració necessària per congelar el producte durant l'etapa de congelació i la calor requerida per sublimar el gel durant l'etapa de deshidratació primària. Les safates es dissenyen de manera que es permet el pas d'un serpentí al seu interior que conté el fluid refrigerant, que circula per tota la safata.

Si l'interior de les safates no es dissenya correctament hi ha zones de la safata on no hi passa el fluid refrigerant i, per tant, la safata presenta una distribució irregular de temperatures. Això es tradueix en una pèrdua de qualitat del producte deshidratat, ja que la deshidratació no és uniforme.

3. Condensador: la principal funció del condensador és la de recollir l'aigua que s'extreu del producte a deshidratar. Per funcionar correctament, la temperatura del condensador ha de ser uns 20-25ºC més baixa que la temperatura de la cambra de deshidratar. Això és degut a que l'aigua del producte sublima si la pressió de vapor a la seva superfície és major que la

pressió a la cambra. Si la pressió a la superfície del condensador és significativament menor que la pressió a la superfície del producte, l'aigua sublimada s'hi diposita. Això és important perquè d'aquesta manera el vapor d'aigua no arriba a la bomba de buit i, per tant, no es contamina l'oli de la bomba. La capacitat del condensador es refereix al màxim volum d'aigua que es pot dipositar a la seva superfície a la pressió de vapor seleccionada.

La disposició més comú pel condensador és la de situar-lo en una cambra separada. Les dues cambres estan unides per una vàlvula d'aïllament. L'avantatge d'aquesta disposició és que s'evita la possibilitat de que el vapor d'aigua dipositat a la superfície del condensador retorni al producte. Aquesta és la disposició que incorpora la màquina seleccionada.

4. Bomba de buit: la bomba de buit és la responsable de disminuir la pressió a la cambra de deshidratar, absorbint els gasos no condensables, fins al valor necessari per iniciar la sublimació de l'aigua que conté el producte. Es situa a l'exterior de la cambra de deshidratació. Es connecta amb una vàlvula al condensador, sense tenir connexió directa amb la cambra de deshidratació. D'aquesta manera s'evita l'entrada de vapor d'aigua a la bomba, contaminant-ne l'oli de la bomba. A part, la bomba de buit porta una vàlvula antiretorn incorporada per evitar que l'oli arribi al condensador i, d'aquí, a la cambra de deshidratació.

5. Cicle de refrigeració: el cicle de refrigeració és l'encarregat de proporcionar a la màquina de deshidratar la potència frigorífica necessària per assolir les temperatures que es requereixen durant la congelació i deshidratació del producte. Degut a que les temperatures demandades acostumen a ser molt baixes, els cicles més utilitzats en aquest tipus de màquina són els de doble etapa. La màquina seleccionada incorpora aquest cicle.

9.2.1. Selecció de la màquina de deshidratar

A continuació es detallen els càlculs i consideracions que s'han tingut en compte per seleccionar la màquina de deshidratar:

A les proves realitzades s'han utilitzat truites de mida petita per limitacions d'espai en l'entorn de les proves. En base a l'experiència de les proves realitzades, s'ha considerat una mida estàndard de filet de 60 mm d'amplada i 200 mm de llargada. Així mateix, el pes estàndard d'un filet és de 200 g.

Tal i com ja s'ha comentat, es realitza una deshidratació tal que el producte final ha perdut un 35% de pes.

Un cop s'han definit aquests paràmetres ja es pot procedir a calcular les dimensions de les safates.

La producció diària és de 25 kg de truita. Si cada filet pesa 150 g és immediat calcular la demanda diària de truites:

$$Nº\ truites = \frac{Pes\ total}{Pes\ filet * 2 filets/truita} = \frac{25\ kg * \frac{1000g}{1kg}}{200g/filet * 2 filets/truita} = 63\ truites \qquad \text{(Eq. 9.1)}$$

El següent pas és seleccionar un model amb unes dimensions de les safates que permetin introduir tota la truita en la cambra de deshidratar.

La màquina de deshidratar seleccionada és de la línia Lyonomic de la marca Telstar (veure annex D).Tots els models d'aquesta línia de màquines de deshidratar tenen les mateixes característiques en quant a velocitat de refredament del producte, pressió de buit, rang de temperatures, etc. El que varia d'un model a l'altre són les dimensions de les safates, el número de safates i la capacitat de condensar aigua del condensador.

Després de fer els càlculs convenients, s'estima que la màquina més adient és el model 2 amb 6 safates. A continuació s'explica la metodologia emprada per arribar a aquesta conclusió.

En primer lloc, s'observa que és possible col·locar 2 files de filets a la mateix safata, ja que la longitud que s'ha definit per un filet de truita és de 200 mm, i la longitud d'una safata del model seleccionat és de 450 mm. A la Fig. 9-4 es poden consultar les especificacions tècniques del model seleccionat (marcat amb un requadre vermell).

Lyonomic																				
Feature	Unit	1			2			3			4			5			6			7
Useable surface area	m^2	0,81	1,08	1,35	1,44	1,8	2,16	2,7	3,24	3,78	3,24	3,78	4,,32	5,4	6,48	7,56	6,48	7,56	8,64	8,64
No of useable shelves	ud	3	4	5	4	5	6	5	6	7	6	7	8	5	6	7	6	7	8	8
Shelf clearance*	mm	180	120	100	120	100	80	140	110	93	110	93	80	150	125	100	125	100	90	145
Shelf dimensions w x d**	mm	450	450	450	450	450	450	600	600	600	600	600	600	900	900	900	900	900	900	900
	mm	600	600	600	800	800	800	900	900	900	900	900	900	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Condenser capacity	kg	30	30	30	30	30	30	65	65	65	100	100	100	140	140	140	216	216	216	216
Shelf temperature range	°C							<-55º up to +80												
Final condenser temp.	°C							<-75												
Approximate footprint **	mm	1260 x 3000			1260 x 3250			2000 x 4000						2000 x 5600						
Approximate weight	kg	2000			2500			4000						6000						10000

Fig. 9-4 Especificacions tècniques de la màquina de deshidratar [13]

A continuació, es calcula el número de filets que es poden col·locar a una safata:

$$Nº\ filets_{safata} = \frac{Amplada\ safata}{Amplada\ truita} * 2\ files\ /safata = \frac{800\ mm}{60mm} * 2 = 26\ filets \qquad \text{(Eq. 9.2)}$$

Per últim, només queda multiplicar el nombre de filets que caben en una safata per el número total de safates menys una. Això és degut a que la truita es col·loca entre dues safates. Per tant, el nombre útil de safates és de 5.

$$Nº\ filets_{total} = Nº\ filets_{safata} * 2 = 130\ filets \qquad \text{(Eq. 9.3)}$$

Tenint en compte que cada truita es divideix en 2 filets, el nombre total de truites que es poden col·locar a la màquina deshidratadora és de 65, que pràcticament coincideix amb la demanda de truites (63 truites/dia).

Un cop ja s'ha escollit la màquina de deshidratació, cal fer les comprovacions adients per assegurar que l'elecció és encertada.

Un paràmetre de disseny molt important és la capacitat del condensador per retenir aigua a la seva superfície, ja que determina la màxima quantitat d'aigua que es pot extreure del producte durant la deshidratació. Per determinar si la capacitat del condensador és suficient per realitzar la deshidratació cal conèixer la quantitat d'aigua que s'ha d'extreure de la truita:

$$Aigua_{eliminada} = Pes_{total} * \%deshidratació = 25\ kg * 0{,}35 = 8{,}75\ kg \qquad \text{(Eq. 9.4)}$$

Efectivament, el condensador és capaç de retenir tota l'aigua que deshidrata. De fet, en aquest cas la capacitat del condensador excedeix la càrrega diària de peix, ja que té una capacitat de 30 kg.

Un altre paràmetre crític és el temps de deshidratació. Cal conèixer si amb la màquina escollida és possible finalitzar la deshidratació en un dia, ja que l'objectiu de la planta pilot és produir 25 kg diaris de filets de truita amb un altre sabor.

Per determinar si és possible eliminar l'aigua necessària en un dia es realitza un balanç energètic a l'interior de la cambra de deshidratació.

L'única transferència de calor que té lloc a la cambra de deshidratació és per radiació, entre les safates i la truita. Per altra banda, l'aigua que s'extreu de la truita emet una calor de sublimació. Per trobar la velocitat de deshidratació s'ha de fer un balanç entre aquestes dos fonts de calor. S'imposa que la calor de radiació que arriba a la truita és un 90% de la calor emesa per les safates, per tal de contemplar les pèrdues de calor que es produeixen a les parets.

El càlcul és el següent:

$$Q_{rad} = Q_{Sublimació} + Q_{pèrdues} \qquad \text{(Eq. 9.5)}$$

$$Q_{rad} = A \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{safata}^4 - T_{truita}^4) \quad \text{(Eq. 9.6)}$$

$$Q_{sublimació} = \dot{n} \cdot Ah_{sublimació} \quad \text{(Eq. 9.7)}$$

$$Q_{pèrdues} = 0{,}1 \cdot Q_{radiació} \quad \text{(Eq. 9.8)}$$

$$3{,}6 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 0{,}95 \cdot (263^4 - 233^4) = \dot{n} \cdot 2834 + 0{,}1 \cdot 3{,}6 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 0{,}95 \cdot (263^4 - 233^4)$$

$\dot{n}$ =0,000113169 kg/s

Ara ja es pot determinar la quantitat d'aigua que s'elimina de la truita en un dia:

$$Aigua_{\ eliminada} = 0{,}000113169 \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{24h}{1dia} = 9{,}78kg/dia \quad \text{(Eq. 9.9)}$$

Com es pot observar, la màquina de deshidratar és capaç d'eliminar tota l'aigua i, en conseqüència, permet finalitzar la rehidratació. Per tant, des del punt de vista del temps de deshidratació la màquina seleccionada és adequada per realitzar la deshidratació desitjada.

Cal fer una sèrie de comentaris sobre els càlculs realitzats:

- L'àrea de transferència de calor de les safates no es correspon amb l'àrea útil que apareix al catàleg del fabricant, ja que amb la utilització de les graelles (veure apartat 9.2.2) a la truita se li transmet calor des de la superfície de les dues safates que l'envolten. Per tant, l'àrea es calcula de la següent manera:

$$A_{radiació} = w_{safata} \cdot d_{safata} \cdot n_{safates} \cdot 2 = 0{,}45 \cdot 0{,}8 \cdot 5 \cdot 2 = 3{,}6\, m^2 \quad \text{(Eq. 9.10)}$$

- L'emissivitat (ε) es correspon a la de la pintura negra opaca amb que es pinten les safates (veure apartat 9.2.2).

- S'utilitza la constant de Boltzman (σ) per calcular la calor de radiació. És un paràmetre adimensional amb valor $5{,}67 \cdot 10^{-8}$

- S'utilitza la calor latent de sublimació (Ah_{sub}) per calcular la calor de sublimació. És un paràmetre amb valor 2834 kJ/kg

- La temperatura de les safates és de -10ºC. Es pot regular la temperatura de les safates segons les necessitats. Es tria aquesta temperatura perquè és suficient per deshidratar correctament la demanda diària de truita. A més, cal tenir en compte que en l'etapa de congelació del producte són les safates les que el refreden i, per tant, en l'inici de l'etapa de deshidratació es troben a molt baixa temperatura. En conseqüència, s'ha d'aportar una energia per escalfar les safates i que aportin la calor necessària per sublimar l'aigua de la

truita. Per aquest motiu, com menor sigui la temperatura de les safates durant l'etapa de deshidratació, menor serà el consum energètic.

Un dels paràmetres crítics a l'hora de seleccionar la màquina de deshidratar és la pressió a la cambra de deshidratació: la pressió a l'interior de la cambra de deshidratació ha de ser la corresponent a la pressió de saturació a la temperatura de deshidratació (-40ºC). Utilitzant l'Eq. 7.2 aquesta pressió és de 0,0128 kPa, que és equivalent a 0,128 mbar. La màquina de deshidratar seleccionada assoleix una pressió de buit de 0,1 mbar. Per tant, des d'aquest punt de vista l'equip escollit és adequat.

La temperatura de col·lapse de la truita és un aspecte que s'ha de tenir en compte en l'elecció de la màquina deshidratadora: la temperatura de col·lapse de la truita està entre els -6ºC/-12ºC. Aquesta temperatura no es pot sobrepassar en cap moment durant la deshidratació, ja que del contrari, es compromet la posterior rehidratació degut a que es col·lapsa l'estructura (consultar apartat 5.2.). La deshidratació es realitzarà a -40ºC, per tant, no hi possibilitat de que la truita pateixi un col·lapse de la seva estructura.

Un altre paràmetre a estudiar és la temperatura de deshidratació del peix: es considera que als -40ºC pràcticament tota l'aigua del producte ha congelat. Deshidratant a aquesta temperatura assegura una gran qualitat de la truita deshidratada, ja que l'estructura de cristalls de gel s'ha format completament. Això esdevé decisiu en la rehidratació, ja que el producte deshidratat presentarà una estructura molt porosa. Per aquesta raó, la temperatura durant la deshidratació serà de -40ºC. La màquina escollida permet treballar en aquest rang de temperatures, per tant, no hi cap problema. Encara que a les especificacions de la màquina (veure Fig. 9-4) apareix la temperatura final del condensador com menor a -75ºC, la temperatura a l'interior de la cambra no és aquesta, sinó que serà de -40ºC. A més, cal tenir en compte que entre la temperatura del condensador i la de la cambra ha d'haver una diferència d'uns 20-25ºC. La raó d'aquesta diferència de temperatures ja s'ha explicat a l'apartat 9.2.

L'últim paràmetre significatiu a tenir en compte a l'hora d'escollir la màquina de deshidratar és la velocitat de refredament de la truita: Tal i com s'ha explicat a l'apartat 5.2., la congelació del producte és un procés crític en la deshidratació per buit. De la correcta congelació en depèn l'èxit de la deshidratació. Un paràmetre important per controlar la congelació és la velocitat de refredament del producte, ja que d'això en depèn l'estructura dels cristalls de l'aigua sublimada. A la pràctica es considera adequada una velocitat de refredament d'1ºC/min. La màquina seleccionada té capacitat per refredar a més d'1ºC/min, per tant permet assolir la velocitat de refredament demandada.

9.2.2. Adaptació de la màquina de deshidratació per buit a la deshidratació de truita

La màquina seleccionada està preparada per deshidratar una gran diversitat de productes. Per aquest motiu s'han de realitzar unes petites modificacions en la màquina per adaptar la màquina a la deshidratació de la truita. En concret,és necessari realitzar dues accions:

- S'han de pintar les safates amb una pintura negre opaca. D'aquesta manera s'aconsegueix augmentar l'emissivitat de les safates fins a un 0,95. Això millora la transferència de calor per radiació i es tradueix en una disminució del temps necessari per dur a terme la deshidratació de la truita.

- No es col·loquen els filets de truita directament sobre els prestatges. Això provocaria problemes d'higiene, ja que en congelar-se els filets quedarien enganxats a la superfície de la safata i s'hauria de fer una neteja exhaustiva de les safates abans de cada deshidratació. Per evitar aquest inconvenient s'instal·laran unes graelles damunt les safates on s'hi col·locaran els filets de truita. D'aquesta manera s'eviten els problemes d'adhesió dels filets a les safates durant la congelació. A més, amb aquesta disposició només hi ha transferència de calor per radiació.

Fig. 9-5 Màquina de deshidratar

9.3. Rehidratació de la truita afegint un sabor

Un cop s'ha deshidratat la truita, ja es pot procedir a la seva rehidratació on s'afegirà un sabor diferent per augmentar el seu valor comercial.

El procés es bastant simple, i és idèntic a l'utilitzat en les proves realitzades. A diferència de les altres dues etapes, en aquesta part del procés no s'utilitza cap maquinària. Simplement cal col·locar els filets de truita en un recipient per procedir a la rehidratació. Donat que el nombre de filets que es manipulen és prou elevat es recomana dividir el total de filets en diferents recipients, ja que si no es poden apilar els uns amb els altres i impedir una correcta rehidratació.

Es proposa rehidratar els filets en olles domèstiques: aquesta opció és la més simple i és adient perquè així es divideixen les truites en petits grups i s'evita que que quedin enganxades les unes amb les altres. La solució escollida és la d'utilitzar 20 olles domèstiques: es col·loquen 6 truites a 10 olles i en les altres 10 s'en col·loquen 7. D'aquesta manera, s'assegura una rehidratació uniforme entre totes les truites. L'altre aspecte positiu d'aquesta elecció és que es permet experimentar amb diversos sabors a la vegada, que és un dels principals objectius.

No hi ha problema en rehidratar un grup de filets al mateix recipient perquè amb el tractament que s'ha realitzat s'ha disminuit l'activitat de l'aigua, garantint que no hi ha cap microorganisme actiu que pugui fer malbé la truita. A més, la temperatura de l'aigua que s'utilitzarà és menor a 5ºC per evitar el creixement de microorganismes que puguin fer malbé el peix. Encara que sigui una temperatura baixa, com que els filets surten de la màquina de deshidratar a uns -40ºC el contrast de temperatures és significatiu, el que millora la rehidratació. El temps de rehidratació serà aproximadament el mateix que en les proves, és a dir, uns 25-30 minuts. Tenint en compte que la qualitat de la truita deshidratada serà major a l'aconseguida en les proves aquest temps és més que suficient per una rehidratació satisfactòria, ja que el temps necessari per la rehidratació serà més baix.

Com ja s'ha comentat anteriorment, a l'aigua que s'utilitzarà en la rehidratació de la truita tractada se li ha d'afegir un preparat per donar un altre sabor a la truita, tal i com s'ha realitzat a les proves dutes a terme. A les experimentacions fetes s'ha demostrat que la truita tractada amb aquest mètode és capaç d'absorbir certs sabors durant la rehidratació, si bé el ventall de sabors que es poden afegir a la truita per millorar el seu sabor és immens. Amb el nivell de producció que proporciona la planta pilot es planteja la possibilitat d'experimentar amb diferents sabors per tenir una gran oferta de productes basats en la truita deshidratada.

La planta pilot es contempla com un instrument per permetre experimentar la deshidratació de la truita de manera exhaustiva abans de decidir comercialitzar el producte. Un cop s'hagi

finalitzat aquesta fase d'experimentació, la capacitat de producció de la planta pilot permet iniciar una venta de la truita tractada a petita escala. El preu d'aquest producte serà superior al d'una truita fresca a causa del seu valor afegit.

10. Estudi d'impacte ambiental

L'estudi d'impacte ambiental avalua les conseqüències sobre el medi ambient derivades de l realització del projecte. Aquest es divideix en diferents parts:

10.1. Realització de les proves

Durant la realització de les proves s'ha treballat amb truites. Durant la preparació de la mostra les parts sobrants de la truita, és a dir, el cap, la cua, les aletes i les visceres, s'han llençat a un contenidor de recollida de material orgànic. Així mateix, un cop finalitzades les proves, els filets de truita també s'han portat al mateix contenidor.

Per altra banda, els materials sobrants durant la preparació de l'entorn per realitzar les proves, com són trossos de plàstic, cartró, etc. s'han portat igualment al contenidor de recollida selectiva adient pel seu posterior reciclatge.

10.2. Elaboració de la memòria

Durant aquesta fase del projecte s'ha emprat material d'oficina que en la majoria dels casos ha estat paper reciclat i al finalitzar el seu ús s'ha llençat a un contenidor de recollida de paper. Per minimitzar la despesa de paper s'ha treballat amb versions parcials digitals.

10.3. Període d'explotació de la planta pilot

Durant el temps en que la planta pilot que es proposa construir estigui en funcionament es produiran gran quantitat de residus orgànics: per preparar els filets de truita es tallen el cap i la cua i s'extreuen les vísceres. Aquests residus s'enviaran a una planta de tractament de residus orgànics pel seu reciclatge.

Per altra banda, per donar sabor a la truita és necessari utilitzar gran quantitat d'aigua que posteriorment no es pot tornar a utilitzar pel mateix propòsit per qüestions d'higiene. Per evitar aquest malbaratament d'aigua s'enviarà l'aigua utilitzada en la rehidratació a una empresa de tractament d'aigües residuals perquè es pugui reutilitzar en altres aplicacions.

Un altre tipus de residu que es generarà serà l'oli utilitzat per la bomba de buit. Aquest oli s'enviarà a una empresa gestora de residus per ser reciclat.

Durant aquest període el refrigerant utilitzat per la màquina de deshidratar no generarà residus si no es produeix cap incidència amb el cicle de refrigeració que alimenta la màquina.

10.4. Final d'explotació de la planta pilot

Un cop finalitzi el cicle d'explotació de la planta pilot de deshidratació de truita es procedirà al desmuntatge de la maquinaria utilitzada i es procedirà al reciclatge de les seves peces.

A més, el refrigerant utilitzat en el cicle de refrigeració de la màquina s'extraurà de la màquina i s'enviarà a una empresa gestora de residus pel seu reciclatge.

11. Anàlisi econòmic

L'anàlisi econòmic avalua els costos associats a la realització del projecte:

MATERIAL	Unitats	Preu unitari (€)	Total (€)
Truita	26 u	1,80	46,80
Aigua corrent	40l	0,0015	0,06
Bomba de buit	1u	162,00	162,00
Oli sintètic	2l	15,10	30,20
Circuit temporitzador	1u	43,80	43,80
Olla a pressió	1u	91,50	91,50
Ventilador centrífug	1u	61,90	61,90
Antioxidants i colorants	1u	13,90	13,90
Resistència elèctrica	1u	4,09	4,09
Preparats per donar sabor	4u	3,50	14,00
Diversos	1u	30,00	30,00
Llicència Microsoft Office	1u	129,95	129,95
Total			628,2

Taula 11.1- Anàlisi econòmic del cost del material

ENGINYER JUNIOR	Temps (h)	Preu unitari (€)	Total (€)
Investigació	60	12	720
Realització de proves	480	12	5760
Redacció memòria	250	12	3000
Total			9480

Taula 11.2 Anàlisi econòmic del cost de l'enginyer junior

ENGINYER TUTOR	Temps (h)	Preu unitari (€)	Total (€)
Investigació	15	60	900
Realització de proves	20	60	1200
Total			2100

Taula 11.3 Anàlisi econòmic del cost de l'enginyer tutor

Planta pilot	Unitats	Preu unitari (€)	Total (€)
Màquina de filetejar truita	1	126854	126854
Màquina de deshidratar truita	1	533985	533985
Olles per la rehidratació	20	59	1180
Total			662019

Taula 11.4 Anàlisi econòmic del cost de la planta pilot

SUBTOTAL	662019,00
Imprevistos (10%)	66201,90
Benefici industrial (13%)	86062,47
Total sense IVA	814283,37
IVA (18%)	146571,00
TOTAL	**960854,38**

Taula 11.5 Cost total del projecte

Conclusions

Després d'haver realitzat les proves pertinents, es pot afirmar que és possible obtenir truita amb un altre sabor utilitzant la tècnica de deshidratació per congelació al buit. Amb l'utilització d'aquesta tècnica la truita es rehidrata ràpidament i alhora absorbeix un sabor. A més no s'aprecien pèrdues significatives de qualitat de les propietats organolèptiques.

En canvi, es demostra que la deshidratació per corrent forçat d'aire no s'adequa a les necessitats demandades. La truita obtinguda mitjançant aquesta tècnica no és capaç d'absorbir un nou sabor quan es rehidrata i la rehidratació és deficient.

A partir de l'anàlisi dels resultats obtinguts amb les proves, es conclou que la porositat de la truita és un aspecte clau en la posterior rehidratació i absorció d'un sabor. La principal diferència entre la deshidratació per buit i les altres tècniques utilitzades és el major grau de porositat que s'obté, i és precisament aquesta tècnica l'única que ofereix uns bons resultats.

Es conclou que la tècnica de deshidratació escollida té un elevat consum energètic. De fet, el consum energètic és el més alt entre totes les tècniques de deshidratació, però es justifica l'elecció d'aquest mètode enfront els altres provats en ser l'únic que ofereix uns bons resultats en l'aplicació demandada.

Es recomana realitzar el mateix estudi en altres espècies de peix de poc valor comercial o víctimes de rebuigs.

Agraïments

M'agradaria mostrar el meu agraïment al professor José María Nacenta Anmella com a director del projecte, per la oportunitat de realitzar aquest projecte i per la ajuda mostrada en tot moment.

També voldria mostrar la meva gratitud a l'equip de col·laboradors del departament de Termotècnia per la seva ajuda durant la realització de les proves.

Així mateix voldria agrair el suport mostrat per la meva família durant tota la carrera i en especial en aquests últims mesos.

Per últim però no més important agrair els ànims dels meus amics durant el temps de realització del projecte.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

[1] Instituto Nacional de Estadística (INE): Encuesta de Empleo del Tiempo 2009-2010 [http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t25/e447/a2009-2010/p02/l0/&file=2.1.px&type=pcaxis&L=0, 23 de novembre de 2010]

[2] AC Nielsen: Nielsen Consumer Survey 2006 [http://www.clubacnielsen.com/boletin/download/Comida%20Preparada%20Nota%20Prensa.pdf, 27 de novembre de 2010]

[3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [http://www.fao.org/fishery/statistics/es, 27 de novembre de 2010]

[4] Observatori de la Nutrició Infantil: I Estudio Nacional Pediasure sobre niños malcomedores [http://www.slideshare.net/FACTUAL/resultados-2009-observatorio-nutricin-infantil, 29 de novembre de 2010]

[5] La Contra, entrevista a Daniel Pauly. La Vanguardia, 4 d'octubre de 2010.

[6] Instituto Geográfico Nacional (IGN): Atlas Nacional de España [http://www.ign.es/ign/layoutIn/anetabladatosdatosgeneralesgeneral.do?tipoBusqueda=longCosta, 11 de desembre de 2010]

[7] Comisión de las Comunidades Europeas: Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Euopeo {SEC(2007)381}, Brusel·les: 2007

[8] European Commision: Statistics (EUROSTAT)

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database, 20 de desembre]

[9] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (FROM):Hábitos de compra, consumo y conservación de los productos de mar en España [http://www.from.es/es/consumo/estudiosDelConsumo/estudiosDelConsumo.aspx, 11 de gener de 2011]

[10] Ministerio de Agricultura, Pesca,y Alimentación (MAPA) [http://www.marm.es/es/, 11 de gener de 2011]

[11] BERK,Z. *Food Process Engineering and Technology*. Nova York: Elsevier 2009, p. 459-522

[12] Labconco Corporation, *A guide to freeze-drying for the laboratory*, Kansas City: 2010, p.4-6

[13] [http://www.telstar-lifesciences.com/es/tecnologias/sistemas+de+liofilizacion/liofilizadores+gmp+de+produccion/serie+lyonomic.htm, 2 de juliol de 2010]

Bibliografia complementària

- Comissió Europea, *La política pesquera común: Guía del usuario*, Luxemburg: Oficina de Publicacions de les Comunitats Europees 2009
- INCROPERA, F. *Fundamentos de transferencia de calor Cuarta Edición,* Mèxic: Prentice Hall 1999
- JENNINGS, T. *Lyophilization Introduction and Basic Principles,* Nova York: Informa Healthcare 2008
- WILHEM OETJEN, G.,HASELE, P. *Freeze-drying Second Edition*, Weinheim: Wiley-VCH 2004
- BONALS, L.A., RUIZ,R.,NACENTA,J.M. *Refrigeració i condicionament d'aire: Apunts de l'assignatura*, Barcelona: ETSEIB 2010
- SP Scientific, *Manual de cómo seleccionar un liofilizador*, Nova York: 2010