

Lokaskýrsla til Orkusjóðs

Orkusparnaður með hjálp rafpúlsa í loðnubræðslum

Umsókn nr. 13/Ágúst 2004

Verkefnisstjóri: Magnús Guðmundsson, Matra (magnusg@iti.is)
Aðrir þátttakendur: Irek Klonowski og Hannes Hafsteinsson, Matra

Matra: Apríl 2005

Efnisyfirlit

Ágrip	2
Inngangur	3
Verk –og tímaáætlun	4
Uppsetning tilrauna og aðferðir	4
Niðurstöður og umræða	6
Ályktanir og áætlaður ávinningur	9
Heimildir	10

Ágrip

Verkefnið “Orkusparnaður með hjálp rafpúlsa í loðnubræðslum” hlaut styrk frá Orkusjóði að upphæð 1 milljón króna til að rannsaka möguleika á að nota háorkurafpúlsa til að spara orku við vinnslu lýsis og fiskmjöls úr loðnu og öðrum uppsjávarfiskum. Megin markmið verkefnisins var sannreyna að notkun háorkurafpúlsa geti bætt vinnslu á lýsi og aukið þurrrefnisinnihald í pressuköku og þar með lækkað orkukostnað við þurrkun á fiskmjöli. Þær niðurstöður fengust í verkefninu að rafpúlсар (3 kV/cm og 120 púlсар) juku úrdrátt á lýsi úr fiskmauki eftir hitun á feitum fiskum (loðnu eða síld). Niðurstöður gilda aðeins ef hitastig er lækkað í vinnslunni en ekki ef haldið er óbreyttu hitastigi í vinnslu 85-90°C. Ef þetta er gerlegt í raunverulegri vinnslu þá lækkar orkukostnaður vegna minni orkunotkunar við hitun og þar að auki fæst betra lýsi. Gæði þess er í öfugu hlutfalli við vinnsluhitastigið og því lægra vinnsluhitastig því betra. Einnig kom í ljós að við aukin rafpúlсafjölda þá var einnig hægt að auka losun á vatni og pressukakan varð þurrari. Þessar niðurstöður lofa því mjög góðu fyrir framhaldið en nauðsynlegt er fyrir tilraunavinnslu að gera ítarlegri tilraunir á sambandi hitastigs í vinnslu, rafsviðs og fjölda rafpúlса. Búið er að sækja um framhaldsverkefni hjá Tækniþróunarsjóði til að svara þeim spurningum. Ef niðurstöður í framhaldsrannsóknum gefa eins jákvæða niðurstöðu og fyrri niðurstöður gefa tilefni til þá er mjög líklega um einkaleyfishæfa hugmynd að ræða.

Inngangur

Megin markmið verkefnisins er sannreyna að notkun háorkurafpúlsa geti bætt vinnslu á lýsi og aukið þurrrefni í pressuköku og þar með lækkað orkukostnað við þurrkun á fiskmjöli.

Rafpúlusataekni er tiltölulega ný tækni þar sem fast eða fljótandi efni er sett milli tveggja rafskauta sem gefa frá sér rafpúlva og eru skilyrðin ákvörðuð með stillingum á rafpúlusataekninu. Þessi tækni hefur verið rannsökuð töluvert undanfarin ár og er hugsanlegt að nýta hana á margvíslegan máta í matvælaíðnaði. Þessi tækni er reyndar þegar í notkun við að gerilsneyða ávaxtasafa og þykir það gefa mjög góða raun. Helstu niðurstöður um notkun rafpúlva í matvælavinnslu voru birtar í tengslum við Evrópuverkefni (1997-2000) sem Matra tók þátt í. Einn helsti kostur þess að nota háorku rafpúlva er að matvælin hitna mjög lítið við slíka vinnslu. Þannig helst ferskleiki matvæla sem mestur jafnframt því að örveruvexti er haldið í skefjum. Hlutverk Matra var að kanna áhrif rafpúlva á áferð og innri gerð matvæla, sérstaklega sjávarafurða. Helstu niðurstöður verkefnisins voru þær að rafpúlvar henta vel til að gerilsneyða t.d. ávaxtasafa án þess að hafa áhrif á bragðefni eða ferskleika. Hins vegar hentar aðferðin ekki til að gerilsneyða föst matvæli (Gudmundsson og Hafsteinsson 2001, 2002). Hins vegar hafa nýjustu rannsóknir á notkun rafpúlva sýnt að hægt er að nota rafpúlva til að **sprengja frumur til þess að auðveldara sé að skilja út efni sem eru í frumvökvanum** og í leiðinni auðvelda þurrkun á föstu efnum sem eftir eru sem finnast í matnum t.d. ísykurrófum, kókóshnetum, eplum og fleiri matvælum (Bazhal et al 2001, Eshtiagi og Knorr 2002, Angersbach et al 2000, Ade-Omowaye et al 2002, Rastogi et al 2002, Taiwo et al 2002). Þessi tækni hefur t.d. verið prófuð í þessum tilgangi á sykurrófum til að auðvelda losun sykurs úr rófunum og hefur nýting (extraction yield) þrefaldast (Bouzrara et al 2003). Þessi nýja rafpúlusataekni hefur ekki verið reynd áður til að bæta útskiljun efna úr dýraafurðum eða til að bæta þurrkun á föstum efnum úr þeim svo vitað sé.

Ætlunin var að athuga hvort þessi tækni geti nýst við skiljun lýsis og vatns úr loðnu og öðrum fiskum. Það má búast við bættri nýtingu auk minni orkukostnaðar vegna skilvirkari þurrkunar. Aðferðin sem beitt var í verkefninu byggði á að setja matvæli í hólfa sem hafði tvö rafskaut þar sem hver rúmmálseining fær frá 60-250 rafpúlva (hver púlva er innan við míkro sekúnda) af stærðinni 2-3 kV/cm. Reynt var að líkja eftir fyrstu stigum vinnsluferilsins í loðnubræðslu eins og kostur var á rannsóknarstofu, en þó er aldrei hægt að fá nákvæma samsvörun þar sem rannsóknartæki eru ekki sambærileg vinnslutækjum. Samanburður á meðhöndlunum gefur þó vísbendingar hvernig rafpúlvar myndu virka í raun. Gerðar voru tilraunir með og án rafpúlva við Tækniháskólann í Berlín á síld og sardínum sem módel fyrir feita fiska.

Miklar framfarir hafa orðið síðustu áratuginu í sambandi við framleiðslu á mjöli og lýsi. Sú tækni sem fyrir er skilar miklum verðmætum sérstaklega úr uppsjávarfiski eins og loðnu og síld sem

annars væri ekki hægt að nýta. Tækninýjungar á borð við rafpúlsta gætu bætt núverandi tækni enn frekar og leidd til orkusparnaðar og meira magns og betri gæða lýsis.

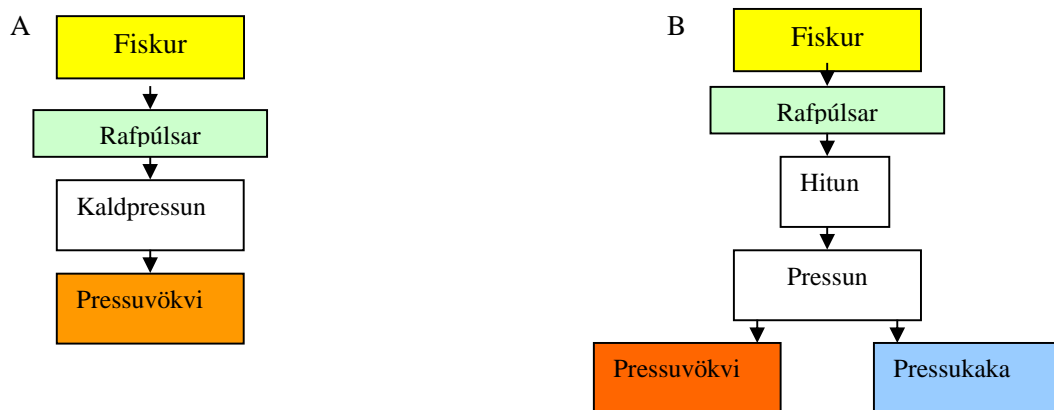
Ef þessi aðferð reynist í áframhaldandi tilraunum vera jafn árangursrík og komið hefur í ljós við tilraunir í þessu verkefni, þá er mjög líklega um einkaleyfishæfa aðferð að ræða.

Verk og tíma-áætlun

Í meginatriðum þá hefur verið farið eftir verk-og tímaáætlun sem lögð var til í upphafi.

Uppsetning tilrauna og mæliaðferðir.

Ákveðið var að prófa tvær uppsetningar á framleiðsluferli, annars vegar að kaldpressa strax eftir rafpúlsameðferð og hins vegar að hitameðhöndla sýnin strax eftir rafpúlsameðferð eins og sýnt er á mynd 1.



Mynd 1. A) Kaldpressun eftir rafpúlsta, B) hitameðferð strax eftir rafpúlsameðferð

Með ferli A var ætlunin að athuga hvort kaldpressun á lýsi úr fisknum væri möguleg eftir rafpúlsameðferð án hitameðhöndlunar. Einnig var prófað að kaldpressa fiskinn án þess að nota rafpúlsta sem viðmiðun fyrir ferli A. Ferli B líkir meira eftir hefðbundnu vinnsluferli nema að því leyti að rafpúlsameðferð kemur á undan hitameðferð. Viðmiðunarferli (kontról) var eins og ferli B nema hvað rafpúlsum var sleppt. Ekki þótti ástæða til að hafa rafpúlsameðferð á eftir hitun þar sem það er erfiðara á vissan hátt að meðhöndla sýnið og ekki talið líklegt að það skilaði árangri. Unnið var með ferli B við mismunandi hitastig í við hitun.

Hráefni

Hráefni til tilrauna voru síld (hauslaus og hreinsuð), sardínur heilar um 20 cm að lengd og svo heilar sardínellur sem er smáfiskur um 10 cm að lengd sem var aðeins notaðar til forprófanna. Hráefni voru keypt eins fersk og mögulegt var 1-2 daga gamalt í Berlín.

Rafpúlsatæki og meðferð.

Rafpúlsatækið sem notað var, er tilraunataeki eingöngu ætlað til prófana í smáum skala. Það hefur þétti (capasitor) sem getur gefið 20 kV spennu. En það ræðst af bilinu milli rafskauta og leiðni sýnanna hve hátt rafsviðið getur orðið milli rafskauta.



Mynd 2. Síld milli tveggja rafskauta

Hámarksrafsvið sem hægt var að nota var 3kV/cm þar sem bilið milli rafskauta var um 3 cm og leiðni fiskanna var á bilinu 7-9 mS/cm. En 3 kV/cm rafsvið er nóg til að sundra frumum í fiskunum. Púlsafjöldi sem var notaður var frá 60 til 250 rafpúlsar við meðhöndlun á hverju sýni. Púlsafjöldi á bilinu 15-60 púlsar var prófaður á nokkrum sýnum fyrir viðnámsmælingar til að finna út hve sundrun frumana þyrfti að vera mikil.

Hítun.

Sýni sem fengu rafpúlsameðferð B og viðmiðunarsýni voru hituð í kari í vatnsbaði sem var 90°C heitt. Sýnin (síld) voru hituð í 35 mínútur þar til hitastig í miðju var orðið 70°C. Einnig voru gerðar mælingar á síld sem hafði náð kjarnhita um 60°C. Sardínur voru hitaðar í 40 mínútur við sömu aðstæður eða þar til kjarnhiti var orðin 78-82°C. Hrært var í sýnum á 5 mínútna fresti til að jafna hitadreifingu eins og hægt er.

Pressun.

Notuð var Hafico pressa til að pressa út vökva og fá pressuköku og pressuvökva úr sýnunum. Hafico pressa er statísk pressun í gegnum dúk þar sem beitt var 100 bara þrýsting við pressun. Pressað var í eina mínútu við 100 bör. Pressan sést á mynd 3.



Mynd 3. Unnið við pressun á fiskmauki eftir hitun með Hafico-pressu.

Skilvinda

Pressuvökvinn var settur í skilvindu (4000 rpm og 10 mínútur) til að skilja að vatn og lýsi.

Mælingar:

Mælingar á magni vökva úr sýnum, magni olíu í vökva (ml), þyngd pressuköku, olía og þurrefni í pressuköku. Hitastigsmælingar fyrir og eftir rafpúlsameðferð.

Viðnám (impedence) sýna var mælt strax á eftir rafpúlsameðferð (15-30 púlsar) og er það mælikvarði á hve mikið frumur sundrast.

Niðurstöður og umræða

I. Kaldpressun

Reynt var að kaldpressa sardínur sem höfðu fengið 250 rafpúlsa við rafsvið 3kV/cm en úr 160g fékkst um 20 ml af vökva. Það er því ljóst að kaldpressun skilar ekki miklu eftir þessa meðhöndlun. Hitastig við kaldpressun var við um 25°C. Kaldpressun á ómeðhöndluðum fiski var ekki möguleg með nokkru móti og fékkst engin vökvi við pressun.

II. Síld

Síldin var um 17-19% feit afhausuð og hreinsuð. Rafpúlsameðferð var tvenns konar við 3 kV/cm og 60 púlsar og svo við 3 kV/cm og 120 púlsar ásamt viðmiðunarsýnum sem fengu sömu meðferð án rafpúlsa. Hitastig síldarinnar jókst um 5-6°C við 60 púlsa en um 8-9°C við 120 púlsa. Síldin var á billinu 9-10°C við byrjun meðhöndlunar. Viðnámsmælingar sýndu að yfir 50% frumna voru sundraðar eftir 30 púlsa því var ákveðið að prófa 60 og 120 púlsa til að tryggja sem mesta sundrun frumna. Sundrun við 60 púlsa er u.þ.b. 70% og um 90% við 120 púlsa. Síldin var hituð í 35 mínútur í vatnsbaði eins og áður er lýst. Þyngd sýnis fyrir hverja meðhöndlun var á bilinu 350-400 g. Hitaða síldarmaukið var síðan pressað í Hafico-pressu við 100 bör í eina mínútu. Vökvanum var safnað saman í skilvinduglös og þau sett í skilvindu við 4000 rpm í 10 mínútur. Pressukakan var vigtuð og sett í vakúmpoka. Pressuvökvi og pressukaka eru sýnd á mynd 4 ásamt vakúmpakkaðri síld.



a)

b)

Mynd 4. a) Pressuvökvi eftir skilvindun. Lýsið er brúnleitt og efst í glasinu, b) pressukökur úr síld ásamt vakúmpakkaðri síld.

Tafla 1. Niðurstöður fyrir síld hitað í 70°C eftir rafpúlsameðhöndlun					
	Lýsi % af heild	Lýsi % af pressuvökva	Pressuvökvi (%)	Pressukaka (%)	Hráefnistap (%)
3kV/120 p	15.2	30.5	46.8	48.4	4.8
3kV/60 p	14.3	29.7	47.1	48.0	4.9
kontról	13.5	27.9	48.2	48.4	3.4

Niðurstöður mælinga fyrir síld eru sýndar í töflu eitt og eru meðaltöl sýnd fyrir þrjú sýni fyrir hverja meðhöndlun. Mismunur í heildarmagni af pressuvökva og pressuköku getur skýrst af því að mismikið tap var á hráefni þar sem erfitt var að stjórna því nákvæmlega. Samkvæmt þessum niðurstöðum þá virðist rafpúlsameðhöndlun fyrir hitun skila meiru af lýsi í pressuvökva þannig að meira lýsi fæst við pressun. Munurinn er tæp 13% á kontról og síld meðhöndluð með 3 kV/cm og 120 rafpúlsum. Ekki reyndist vera munur á þurrefnisinnihaldi í pressukökum sem var um 42.3%, hugsanlega vegna þess að rafpúlsafjöldi var ekki nægur til að sundra frumunum nægilega vel. Lýsisinnihald í pressuköku var á bilinu 8.1 til 8.4 % (tvö sýni mæld) og reyndist ekki vera mikil munur á viðmiðunarsýnum og rafpúlsameðhöndluðum sýnum. Lýsismagnið var mjög lítið í

pressukökum (12-15 ml) eftir sýnum sem voru á bilinu 150-180g að þyngd og skekkjumörk 10-15%, þannig að þær mælingar voru ekki eins áreiðanlegar og lýsismælingar í pressuvökva. Niðurstöður fyrir 60°C eru sýndar í töflu 2.

Tafla 2. Niðurstöður fyrir síld hitað í 60°C eftir rafpúlsameðhöndlun					
	Lýsi % af heild	Lýsi % af pressuvökva	Pressuvökvi (%)	Pressukaka (%)	Hráefnistap (%)
3kV/120 p	14.7	30.0	49.8	47.4	2.8
3kV/60 p	12.3	29.1	48.9	48.0	3.1
kontról	11.5	25.9	46.8	49.4	3.8

Þessar niðurstöður sýna enn frekar að hitastig í hitunarþættinum skiptir mestu máli upp á að munur fáiast milli rafpúlsameðhöndlunar og engrar meðhöndlunar. Hér er munurinn milli kontról og 3kV/cm/120 púlsar orðin um 27% í lýsismagni. Við 60°C er einnig smá munur á hve pressukakan er hlutfallslega þurrari þar sem meiri vökvi pressast út eftir meðhöndlun. Aðeins minna lýsi fæst þó við 60°C en við 70°C.

III. Heilar sardínur

Borið var saman rafpúlsameðhöndlaðar heilar sardínur og sardínur sem ekki fengu rafpúlsameðhöndlun samkvæmt aðferð (b). Um 1.6 kíló af sýni var meðhöndlað með 3 kV/cm og 250 rafpúlsar og viðmiðunarsýnið var einnig 1.6 kíló. Hitastig hækkaði um 23°C í sardínunum við þessa meðferð frá 10 í 33°C. Hitameðhöndlun í hitabaði tók 40 mínútur og var lokahitastig í miðju sýni um 78-82°C eða töluvert hærra en fyrir síldarsýnin. Heildarmagn fitu í sardínum reyndist vera um 15% í heilum fiski eða nokkru minna en í síldinni.

Tafla 3. Niðurstöður fyrir heilar sardínur við 80°C					
Meðhöndlun	Lýsi % af heild	Lýsi % af pressuvökva	Pressuvökvi (%)	Pressukaka (%)	Hráefnistap (%)
3kV/250 p	11.4	21.8	52.3	43.4	4.3
kontról	11.4	23.3	47.0	49.0	4.0

Tafla tvö sýnir niðurstöður fyrir sardínur og eru tölur eingöngu frá einu stóru sýni úr hvorri meðhöndlun. Engin munur var á heildarlýsismagni sem fékkst úr pressuvökva úr sardínum sem

voru rafpúlsameðhöndlaðar eða ekki. Líklegast gerir hærra hitastig við hitun það að verkum að áhrif af rafpúlsum þurrkast út hvað varðar lýsi í pressuvökva. Hins vegar kom töluvert meiri pressuvökvi úr rafpúlsameðhöndluðum sardínum eða rúmlega 11%. Ekki er ljóst hvort kraftmeiri rafpúlsameðhöndlun eða aukin suða ásamt rafpúlsum hafi valdið þessu í samanburði við niðurstöður fyrir síldarsýni. Pressukakan var aðeins þurrari eftir meðhöndlun eða með þurrefnisinnihald um 46.2% en viðmiðunar-pressukökur meðum 42%. Olúinnihald í pressukökum reyndist vera um 5 til 5.1% í pressukökum óháð meðferð.

Ályktanir og áætlaður ávinningur.

Ljóst er að rafpúlsameðhöndlun eykur magn lýsis sem hægt er að pressa út úr fiskimaukinu eftir hitun. En einnig er ljóst að því hærra sem hitastigið er við hitun eða lengri suðutími þá minnka áhrif rafpúlsa verulega. Ef það er markmið að ná sem mestu lýsi út úr fiskmaukinu með hjálp rafpúlsa þá verður að lækka suðuhitastigið til muna svo að þeir komi að einhverjum notum. Ef þetta væri hægt þá myndi lýsisútdrátturinn aukast með minni tilkostnaði og þar með myndi sparast orka við suðuna. Ef það er mögulegt að lækka hita t.d. niður í 50-60°C eða lægra hitastig við hitun og pressun þá vinnst tvennt, annars vegar fæst meira lýsi úr fiskmaukinu með hjálp rafpúlsa miðað við enga meðhöndlun sem hefur í för með sér minni tilkostnað og hins vegar yrði lýsið betra þar sem þránunarhætta eykst margfalt með hverju hitastigi í suðu. Það er einnig hugsanlegt að aukin fjöldi rafpúlsa eins og gert var við sardínurnar (3 kV/cm og 250 púlzar) geri mögulegt að ná út meira vökvamagni úr fiskmaukinu. Þessar niðurstöður gefa góða vísbendingu um að samband rafpúlsa (fjölda púlsa) og suðutíma og hitastig ráði miklu um magn lýsis í pressuvökva og hvort meira þurrefnisinnihald sé í pressukökuna. Hins vegar þarf að ráðast í að rannsaka aðferðina í stærri skala en gert var í þessu verkefni til að sannreyna niðurstöður við raunverulegri aðstæður. Einnig þyrfti í þessu sambandi að rannsaka gæði lýsis þar sem rafpúlzar gera kleift að lækka hitastig við suðu og hugsanlegt er að gæði lýsis stórbatni við það vegna minni þránunarhættu og jafnvel verða gæðin það mikil að það sé nothæft til manneldis.

Heimildir

Ade-Omowaye B I O, Angersbach A, Eshtiagi N M and Knorr D (2001) Impact of high intensity electric field pulses on cell permeabilisation and as pre-processing step in coconut processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1: 203-209

Angersbach A, Heinz V and Knorr D (2000) Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems. *Innovative Food science and Emerging Technologies*, 1: 135-149

Bazhal M I, Lebovka N I and Vorobiev E (2001) Pulsed electric field treatment of apple tissue during compression for juice extraction. *Journal of Food Engineering*, 50: 129-139

Bouzzara H and Vorobiev E (2003) Solid-liquid expression of cellular materials enhanced by pulsed electric field. *Chemical Engineering and Processing*, 42: 249-257

Eshtiagi M N and Knorr D (2002) High electric field pulse pre-treatment: Potential for sugar beet processing. *Journal of Food Engineering*, 52: 265-272

Gudmundsson M and Hafsteinsson H (2001) Effect of electric field pulses on microstructure of muscle foods and roes. *Trends in Food Science and Technology*, 12: 122-128

Gudmundsson, M. and Hafsteinsson, H. 2002. Minimal processing of seafood. kafli 10 í bók sem heitir "Minimal processing Technolgies in the Food Industry". Ritstjórar eru prófessorarnir Thomas Ohlsson og Nils Bengtsson. Bókaförlag er Woodhead Publishing Ltd. bls 245-266.

Rastogi N K, Raghavarao K S M S, Niranjana K and Knorr D (2002) Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, 13: 48-59

Taiwo K A, Angersbach A and Knorr D (2002) Influence of high intensity electric field pulses and osmotic dehydration on the rehydration characteristics of apple slices at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 52: 185-192.