

Vinnsla og vörupróun
Processing and Product
Development

Líftækni
Biotechnology



Matvælaöryggi
Food Safety



Myndun akrýlamíðs í matvælum

Ólafur Reykdal
Irek Klonowski

Matvælaöryggi

Skýrsla Matis 01-08
Janúar 2008

ISSN 1670-7192

<i>Titill / Title</i>	Myndun akrýlamíðs í matvælum		
<i>Höfundar / Authors</i>	Ólafur Reykdal og Irek Klonowski		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	01 - 08	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Janúar 2008
<i>Verknr. / project no.</i>	34-25-1750		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	Norræna nýsköpunarmiðstöðin (NICe)		
<i>Ágrip á íslensku:</i>	<p>Á árunum 2004-2007 tóku Íslendingar þátt í norrænu verkefni um myndun akrýlamíðs (Acrylamide – Precursors: Limiting substrates and in vivo effects). Myndun akrýlamíðs var könnuð í afurðum úr korni og kartöflum og gagna var aflað um forvera akrýlamíðs, sykrur og aínósýrur. Íslenskt bygg var prófað í bökunarvörur og hafði það ekki áhrif á myndun akrýlamíðs.</p> <p>Í þjóðlegu íslensku bökunarvörum flatkökum og laufabrauði myndaðist lítið akrýlamíð og er líklegasta skýringin stuttur hitunar-tími. Akrýlamíð var ekki mælanlegt í hveitibrauðum, byggbrauðum og maltbrauðum en í ljós kom að við bakstur á seyddum brauðum í langan tíma gat myndast talsvert akrýlamíð. Akrýlamíð í frönskum kartöflum var breytilegt en í lok verkefnisins var það lágt eftir for-steikingu í verksmiðju. Akrýlamíð ræðst þá mikið af seinni steikingu í heimahúsi.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	Akrýlamíð, bökunarvörur, kartöfluafurðir		
<i>Summary in English:</i>	<p>Icelandic food scientists and –companies participated in a Nordic project on acrylamide (Acrylamide – Precursors: Limiting substrates and in vivo effects) in 2004 – 2007. The formation of acrylamide was investigated in cereal- and potato products and data on the precursors of acrylamide, sugars and amino acids, were collected. Icelandic barley flour was used in bakery products and did not influence the formation of acrylamide.</p> <p>Insubstantial acrylamide formed in the traditional Icelandic bakery products flat bread and thin unleavened wheat bread. Acrylamide was not detected in several types of bread but quite high levels of acrylamide were found in sweetened rye bread which is baked for a long time. Acrylamide in french fries proved variable but moderate levels were found in 2006 after first frying in factory. The levels of acrylamide depend very much on the second frying at home.</p>		
<i>English keywords:</i>	Acrylamide, bakery products, potato products		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	1
2. FRAMKVÆMD.....	7
2.1 Afurðir bakaðar á plötu.....	7
2.2 Djúpsteiktar bökunarvörur	7
2.3 Brauð.....	8
2.4 Kartöfluafurðir	9
2.5 Mæliaðferðir.....	9
3. NIÐURSTÖÐUR.....	11
3.1 Afurðir bakaðar á plötu.....	11
3.2 Djúpsteiktar bökunarvörur	15
3.3 Brauð.....	18
3.4 Kartöfluafurðir	19
4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR.....	21
5. ÞAKKARORÐ	23
6. HEIMILDIR.....	23

1. INNGANGUR

Árið 2002 sýndu sænskir vísindamenn í fyrsta skipti fram á að akrýlamíð gæti verið í matvælum sem hafa verið hituð. Í Svíþjóð reyndust það einkum vera kartöfluafurðir, bökunarvörur og kaffi sem innihéldu akrýlamíð. Akrýlamíð er talsvert notað í iðnaði, einkum plastiðnaði, og það er að finna í sígarettureyk. Uppgötvun akrýlamíðs í matvælum vakti mikla athygli á sínum tíma þar sem þekkt var að það getur valdið krabbameini í rottum og það er taugaeitur (neurotoxin) fyrir fólk (INFOSAN 2005). Samkvæmt Alþjóðlegu stofnuninni um rannsóknir á krabbameini er líklegt að akrýlamíð geti valdið krabbameini í fólki (IARC 2008).

Akrýlamíð ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$) myndast fyrst og fremst við efnahvörf milli amínósýrunnar aspargíns og afoxandi sykra (t.d. glúkósa og frúktósa). Akrýlamíð myndast ekki nema hitastigið fari yfir $100\text{ }^\circ\text{C}$ enda hefur það ekki fundist í neinum hráum eða soðnum matvælum. Akrýlamíð getur myndast við djúpsteikingu, pönnusteikingu og ofnbökun. Algengast er að akrýlamíð myndist í sterkjuríkum matvælum eins og kartöfluafurðum og kornvörum. Efnið getur bæði myndast við verksmiðjuvinnslu og matreiðslu í heimahúsum.

Hátt hitastig við vinnslu eða matreiðslu matvæla getur leitt til myndunar fleiri óæskilegra efna en akrýlamíðs. Einkum er um að ræða fjölhringa vetniskolefni (e. polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH), heteróhringa amín (e. heterocyclic amines) og nítrósamín (Claeys 2005). Mjög mikil hitun getur því skert næringargildi og öryggi matvæla.

Það er verðugt verkefni fyrir matvælaíðnaðinn að breyta framleiðsluferlum til að lágmarka myndun akrýlamíðs. Rannsóknir erlendis beinast nú að því að draga úr myndun akrýlamíðs í matvælaframleiðslu og hefur til dæmis verið sýnt fram á að draga megi úr myndun akrýlamíðs í hefðbundinni kexframleiðslu um 30-70% (Graf o.fl. 2006).

Akrýlamíð í matvælum

Í Svíþjóð hefur meðaldagsneysla fólks á akrýlamíði verið reiknuð $35\text{ }\mu\text{g}$ (Svensson o.fl. 2003). Helsta uppspretta akrýlamíðs í fæðinu var kaffi (39%) en síðan komu

kartöfluaufurðir og bökunarvörur. Í Bretlandi var neysla fólks á akrýlamíði metin og talin vera langt undir því magni sem gæti leitt til krabbameins (Food Standards Agency 2006).

Hollustuvernd ríkisins (nú Umhverfisstofnun) lét gera fyrstu mælingarnar á akrýlamíði í íslenskum matvælum árið 2002 (Umhverfisstofnun 2006). Niðurstöður voru á bilinu <10 til 2.900 µg/kg (ferskvigt). Mest mældist í kartöflusnakki (1.100-2.900 µg/kg) og frönskum kartöflum (700 µg/kg). Í tveimur sýnum af ofnbökuðum brauðum mældist <10 og 980 µg/kg. Fremur lítið akrýlamíð mældist í brauðvörum sem eru bakaðar á heitu yfirborði (flatkökur 78 µg/kg og skonsur 16 µg/kg). Í samanburði við djúpsteiktar franskar kartöflur, mældist lítið í djúpsteiktum kleinum (26 µg/kg). Þessar niðurstöður sýna mjög vel að myndun akrýlamíðs er háð aðstæðum við framleiðsluna. Niðurstöðunum ber í meginatriðum vel saman við niðurstöður frá Svíþjóð (Svensson o.fl. 2003).

Miklum fjölda niðurstaðna fyrir akrýlamíð í matvælum hefur verið safnað í gagnagrunn á vegum Evrópusambandsins (Wenzl Anklam 2007). Nokkur gildi úr gagnagrunninum fara hér á eftir (miðgildi og lægstu og hæstu gildi): Franskar kartöflur 186 (5-4653) µg akrýlamíð/kg; brauð og ristað brauð 50 (5-1987) µg/kg; kex 145 (4-3324) µg/kg; hrökkbrauð 244 (5-2838) µg/kg.

Sykrur og amínósýrur

Afoxandi sykrur (glúkósi og frúktósi) og amínósýran aspargín gegna lykilhlutverki þegar akrýlamíð myndast í matvælum. Það er því nauðsynlegt að þekkja styrk þessara efna í hráefnum til að hægt sé að segja fyrir um mögulega myndun akrýlamíðs. Fyrir aspargín þarf fyrst og fremst að líta á þann hluta amínósýrunnar sem er óbundinn. Afoxandi sykrur myndast hins vegar greiðlega úr sterkju og tvísykrum með hýdrólýsu yfir 100 °C í lítið eitt síru umhverfi (Claeys o.fl. 2005). Við hitameðhöndlun í matvælavinnslu geta því stöðugt bæst við afoxandi sykrur. Rannsóknir hafa sýnt að afoxandi sykrur skipta meira máli en aspargín fyrir myndun akrýlamíðs í kartöfluaufurðum (Bråthen & Knutsen 2005). Í kornafurðum er þessu öfugt farið.

Aspargín er algengasta óbundna amínósýran í kartöflum en í korni er hún yfirleitt undir 10% af heildarmagni óbundinna amínósýra (Halford o.fl. 2007). Magn aspargíns í kartöflum er háð ýmsum þáttum, svo sem afbrigði, áburðargjöf, ræktunarstað og geymsluaðstæðum (Pedreschi o.fl. 2004). Þekkt er að aspargín er í mismiklum mæli í hinum ýmsu korntegundum og ræktunaraðstæður hafa einnig áhrif.

Geymsluskilyrði hafa áhrif á magn sykra í kartöflum. Hitastig í geymslum og geymslutími eru meðal þátta sem hafa veruleg áhrif. Hluti sterkjunnar getur umbreytt í afoxandi sykrur og súkrósa. Reikna má með uppsöfnun á sykrum í kartöflum ef kalt er í veðri rétt áður en þær eru teknar upp eða hiti í kartöflugeymslu er undir 8-10 °C (Claeys o.fl. 2005) og sérstaklega ef hitastigið fer undir 6 °C (Foot o.fl. 2007). Lægsta ásættanlegt geymsluhitastig fyrir vinnslukartöflur er því 6 °C. Ef kartöflur eru í geymslu við 4 °C í 20 daga getur það hækkað styrk sykra stórlega. Markviss stjórnun á hitastigi í kartöflugeymslum er því mikilvæg til að lágmarka afoxandi sykrur í kartöflum sem eru notaðar í djúpsteiktur og hitaðar afurðir.

Af íslenskum landbúnaðarafurðum eru það fyrst og fremst kartöflur og bygg sem geta verið hráefni í þau matvæli sem akrýlamíð getur myndast í. Hér á landi eru ræktuð önnur yrki af kartöflum og bygg en víða annars staðar og samsetningin kann að vera sérstök. Einnig þarf að hafa í huga að nokkur hætta er á að svalt loftslag leiði til uppsöfnunar á sykrum í kartöflum. Þetta vandamál á jafnt við um aðrar norðlægar slóðir.

Upplýsingar skortir um sykrur og amínósýrur í íslenskum kartöflum og bygg en aðeins fáar mælingar hafa verið gerðar (Ólafur Reykdal 1998; Valur Gunnlaugsson og Ólafur Reykdal 2000). Mælingar á sykrum í fáeinum sýnum af kartöflum gáfu niðurstöður sem voru í samræmi við erlend gildi en eina mælingin á amínósýrum í íslenskum kartöflum sýndi lægra gildi fyrir aspargín en erlendar heimildir gáfu upp.

Huga þarf að uppsöfnun á sykrum í íslenskum kartöflum allt frá upptöku til notkunar í matvælaíðnaði. Mestu máli skiptir að stjórna hitastigi í geymslum þannig að sykurmagnið verði í lágmarki. Styrkur sykurs í kartöflum skiptir ekki bara máli fyrir myndun akrýlamíðs heldur getur uppsöfnun á sykrum í kartöflum einnig leitt til þess að litur á

steiktum katöflum verði of dökkur. Bæði íslenskar og innfluttar kartöflur eru notaðar við framleiðslu á frönskum kartöflum hér á landi.

Leiðir til að draga úr myndun akrýlamíðs

Á vegum Evrópusambandsins hefur verið sett fram það sjónarmið að iðnaðurinn þurfi að leitast við að draga úr styrk akrýlamíðs í matvælum án þess að fórnar matvælaöryggi, gæðum afurða eða næringargildi (Lineback 2007). Búist er við því að Evrópusambandið setji innan tíðar hámarksgildi fyrir akrýlamíð í matvælum. Matvælaíðnaðurinn hefur ýmsar leiðir til að draga úr magni akrýlamíðs í afurðunum. Samtök evrópsks matvælaíðnaðar (CIAA) hafa tekið saman handhæga litla bæklinga um leiðir til að draga úr magni akrýlamíðs í ýmsum tegundum matvæla (CIAA 2008).

Ein mikilvægasta leiðin til að draga úr myndun akrýlamíðs er að endurskoða stjórnun á hitastigi og hitunartíma í vinnslunni. Myndun akrýlamíðs eykst með hækkandi hitastigi og nær hámarki í þurri vöru við 190 – 210 °C (Bråthen & Knutsen 2005). Ef varan inniheldur vatn dregur úr myndun akrýlamíðs þar sem uppgufun lækkar hitastigið inni í vörunni. Í sumum tilfellum er því hægt að minnka akrýlamíð með að hafa meiri raka í endanlegri vöru en það kann að vera varasamt vegna minna geymslupóls og skerts öryggis. Akrýlamíð er oft í hæstum styrk á yfirborði vöru, svo sem í brauðskorpu. Bæði samsetning vöru og hitunartími hafa áhrif á það hversu mikið akrýlamíð myndast.

Hægt er að draga úr magni akrýlamíðs í fæðunni með því að velja þau hráefni til matvælaframleiðslu sem hafa minnst af þeim efnum sem akrýlamíð myndast úr, þ.e. afoxandi sykrum og aspargíni. Vel er hugsanlegt að hægt sé að velja yrki af kartöflum og korni með þetta í huga.

Í bökunarvörum hefur tekist að draga úr myndun akrýlamíðs með því að bæta ensími í deigið og kljúfa þannig aspargín. Með þessu móti hefur tekist að draga úr myndun akrýlamíðs um 70% (Konings o.fl. 2007). Reynt hefur verið að bæta í deig amínósyrum (glýsíní og sýsteini) sem keppa við aspargín um afoxandi sykur þannig að minna myndist af akrýlamíði. Einnig kemur til greina að lengja verkunartíma gersins, þá lækkar styrkur frís aspargíns áður en til hitameðhöndlunar kemur.

Komið hefur í ljós að tegund lyftiefnis í bökunarvörum skiptir máli fyrir myndun akrýlamíðs (Konings o.fl. 2007). Meira myndast af akrýlamíði þegar ammoníum bíkarbónat (hjartarsalt, NH_4HCO_3) er notað en þegar lyftiefnið natríum bíkarbónat (sódaduft, NaHCO_3) er notað.

Sýnt hefur verið fram á að kalsíum jónir geta hindrað myndun akrýlamíðs í módelkerfum (Gökmen & Senyuva 2007). Það sama viðist eiga við um aðrar tvígildar katjónir eins og magnesíum jónir. Við framleiðslu á frönskum kartöflum tókst að draga úr myndun akrýlamíðs um 95% með því að dýfa kartöflunum í kalsíum klóríð lausn fyrir steikingu. Kalsíum klóríð er þekkt aukefni (E 509) og því ætti matvælaeignaðurinn að geta notað það til að draga úr akrýlamíði í afurðum. Hvataeyðing (hitun í vatnsbaði) dregur út hluta af sykrum og amínósýrum nálægt yfirborði kartaflnanna og stuðlar þannig að minni myndun akrýlamíðs (Claeys 2005).

NORDACRYL verkefnið

Norræna nýsköpunarmiðstöðin (Nordic Innovation Centre) styrkti á árunum 2004 -2007 verkefni um akrýlamíð (Akrylamide – Precursors: Limiting substrates and in vivo effects). Matra átti aðild að verkefninu frá upphafi og í ársbyrjun 2007 tók Matís ohf síðan við hlutverkinu. Þátttakendur frá hinum Norðurlöndunum komu m.a. frá Matforsk í Noregi, sænska landbúnaðarháskólanum (SLV), dönsku matvælastofnuninni og finnsku dýralækna- og matvælastofnuninni (EELA). Samtals voru aðilar að verkefninu 19 með matvælafyrirtækjum. Á Íslandi voru Kartöfluverksmiðja Þykkvabæjar og Ömmubakstur aðilar að verkefninu auk Matís.

Verkefninu var ætlað að tengja saman rannsóknir á akrýlamíði á Norðurlöndunum og fá matvælaeignaðinn til þátttöku. Rannsóknaniðurstöður voru metnar, vinnslutilraunir voru gerðar og upplýsinga aflað um hráefni. Sérstakri athygli var beint að þeim þáttum sem stjórna myndun akrýlamíðs.

Í þessari skýrslu eru kynntar þær athuganir og vinnslutilraunir sem voru gerðar í íslenska hluta verkefnisins. Athuganir voru gerðar á ýmsum bökunarvörum og frönskum

kartöflum en þær fóru fram hjá Ömmubakstri, Kartöfluverkmiðju Þykkvabæjar og Myllunni. Mælingar voru í sumum tilfellum gerðar á venjulegum íslenskum matvælum en í öðrum tilfellum var samsetningu og vinnsluáðstæðum breytt til að leita skýringa á myndun akrýlamíðs. Finnska dýralækna- og matvælastofnunin (EELA) annaðist mælingarnar á akrýlamíði. Æskilegt hefði verið að gera fleiri mælingar á akrýlamíði en fjármagn var naumt skammtað til þess. Niðurstöður verkefnisins voru kynntar á Fræðapingi landbúnaðarins 2006 (Ólafur Reykdal og Irek Klonowski 2006) og á fundum með fólki úr matvælaíðnaði.

2. FRAMKVÆMD

2.1 Afurðir bakaðar á plötu

Árið 2004 var myndun akrýlamíðs könnuð í móðelfæðu sem bökuð var á heitri plötu. Fyrirmynd móðelsins voru íslenskar flatkökur. Unnið var með tvenns konar bökunar-módel, í öðru var íslenskt bygg 20% af mjölinu en 60% í hinu. Eftirtalin hráefni og aukefni voru notuð: Vatn, hveiti, byggmjöl, jurtaolía, kartöflusterkja, salt, lyftiduft, natríum karbónat og maltsíróp. Notað var fín malað mjöl úr afhýddu byggi frá Vallanesi á Fljótsdalshéraði. Hráefnum var blandað rækilega saman, deigið hnoðað og flatt milli valsa.

Bökun á útflöttu deigi fór fram á samlokuhitaplötum með hitastýringum hjá Ömmubakstri hf. Tilraun var sett upp fyrir tvö hitastig og tvo bökunartíma. Snertitími deigs við neðri hitaplötu var lengri en við efri plötuna og því var haft hærra hitastig á efri plötunni. Annars vegar var bakað við 260 °C á neðri plötu og 290 °C á efri plötu en hins vegar við 290 °C á neðri plötu og 340 °C á efri plötu. Fylgst var með hitastiginu með IR hitamæli. Snertitími deigs við neðri plötu var annars vegar 29 sekúndur og hins vegar 44 sekúndur. NCSS tölfræðiforritið var notað við uppgjör á niðurstöðunum.

2.2 Djúpsteiktar bökunarvörur

Tilraun með mismunandi steikingartíma var gerð hjá Ömmubakstri í desember 2006. Samsetning á deigi var hefðbundin uppskrift Ömmubaksturs. Steikingarhiti var stöðugur meðan tilraunin fór fram, mælingar sýndu $199 \pm 0,9$ °C við inntak olíu en $198 \pm 1,2$ °C við úttak.

Bökunartilraun með laufabrauðsmódel var gerð hjá Ömmubakstri í desember 2005. Mismunandi samsetning laufabrauðs var prófuð en steikingartíma og steikingarhita haldið föstum. Tvenns konar lyftiduft var prófað: sódaduft (NaHCO_3) og hjartarsalt (NH_4HCO_3). Sex mismunandi deig voru löguð:

Gerð 1: Viðmiðun, venjulegt laufabrauð.

Gerð 2: Tvöfalt magn undanrennudufts.

Gerð 3: Ekkert undanrennuduft.

Gerð 4: Ekkert gúar gúmmí.

Gerð 5: Ekkert natríum bíkARBónat.

Gerð 6: Með ammoníum bíkARBónati en engu natríum bíkARBónati.

Upplýsingar um hráefnin er að finna í töflu 1. Steikingin fór fram í lokuðum steikingarpotti með færibaldi sem flutti útflatt deigið gegnum pottinn. Hitastig steikingarolíu var mælt meðan steiking fór fram. Hitastig við inntak var $196,7 \pm 2,1$ °C en við úttak $194,0 \pm 1,3$ °C. Steikingartími var um 25 sekúndur. Eitt deig var útbúið fyrir hverja gerð en síðan voru tvö sýni tekin af steikta laufabrauðinu.

Tafla 1. Hráefnanotkun í bökunartilraun með laufabrauð 2005.

	Gerð 1	Gerð 2	Gerð 3	Gerð 4	Gerð 5	Gerð 6
Hveiti	a	a	a	a	a	a
Vatn	b	b	b	b	b	b
Undanrennuduft	c	2c	0	c	c	c
Smjörlíki	d	d	d	d	d	d
Salt	e	e	e	e	e	e
Sykur	f	f	f	f	f	f
Sódaduft	g	g	g	g	0	0
Guar gúmmí	h	h	h	0	h	h
Hjartarsalt	0	0	0	0	0	i

2.3 Brauð

Akrýlamíð í brauðum var kannað í desember 2006 og voru brauðin bökuð hjá Myllunni. Tekin voru sýni af venjulegri framleiðslu Myllunnar á Heimilsbrauðum og maltbrauðum en sérstakar athuganir voru gerðar á seyddu rúgbrauði og byggbrauðum. Rúgbrauðið var bakað við 100 °C í 14 klst. Í byggbrauðunum var byggmjöl (malað afhýtt íslenskt bygg) 40% af mjölinu á móti hvítu hveiti. Tvíbakað byggbrauð var forbakað við lágan hita upp að 97 °C (kjarnhiti) og síðan fryst. Síðan var lokið við baksturinn með venjulegum hætti.

Byggrúgbrauð var óseytt rúgbrauð með byggmjöli og bankabyggi. Byggmjöl var 8% af deigi og bankabygg einnig 8% af deigi. Önnur aðalhráefni voru rúgmjöl, brotnir rúgkjarnar og hveiti auk vatns.

2.4 Kartöfluafurðir

Árið 2006 voru tekin þrjú sýni af frönskum kartöflum hjá Kartöfluverksmiðju Þykkvabæjar, íslenskar Gullauga kartöflur voru notaðar við framleiðslu á einu sýnanna en innfluttar kartöflur í hin. Nánari upplýsingar eru í töflu 11. Í nóvember 2004 voru tvívegis tekin sýni af hráefni og afurðum hjá Kartöfluverksmiðju Þykkvabæjar. Hráefnið var íslenskar Gullauga kartöflur frá tveimur framleiðendum í Þykkvabæ. Framleiðslunni var fylgt eftir og sýni tekin af frönskum kartöflum. Steikt var við 175 °C og var olían við 172 °C þegar hún kom út. Hitastig var mælt í kartöflum eftir hvataeyðingu (27 – 32 °C) og eftir steikingu (59 – 82 °C).

2.5 Mæliaðferðir

Mælingar á akrýlamíði fóru fram hjá National Veterinary and Food Research Institute (EELA) í Finnlandi. Undirbúningur sýna fyrir mælingu var byggður á aðferð Rosén & Hellenäs (2002). Akrýlamíð í sýni (4 g vigtuð út) var dregið út í vatnslausn, fita var fjarlægð og sýnin síðan hreinsuð á súlum. Innri staðall var akrýlamíð-d3. Fyrir sum sýni þurfti að tvítaka hreinsun. Akrýlamíð var ákvarðað með vökvagreini sem var tengdur massagreini (LC-MS/MS, liquid chromatograph – tandem mass spectrometer). Mælingin var byggð á aðferðum Rosén & Hellenäs (2002) og Musser (2002). Í mælingum árið 2004 voru magngreiningarmörk 10 µg/ml og samsvöruðu þau 50 µg/kg fyrir sýni. Heimtur voru 84 – 105%. Í mælingum árið 2005 voru magngreiningarmörk 30µg/kg, greiningarmörk 15 µg/kg og heimtuþrófanir sýndu 97 og 94% heimtur. Heildaróvissa aðferðarinnar var ± 20%. Í mælingum árið 2006 voru magngreiningarmörk 40µg/kg og greiningarmörk 20 µg/kg. Heildaróvissa aðferðarinnar var ± 20% eins og áður. Aðferðinni var lýst í grein eftir Eerola o.fl. árið 2007 (sjá heimildalista) en aðferðin hafði þá þróast frá því að íslensku sýnin voru mæld.

Óbundnar amínósýrur voru einnig ákvarðaðar hjá EELA. Þær voru dregnar út með 70% etanóli sem var gufað af og síðan var leifin leyst upp í natríum asetat lausn. Myndaðar voru afleiður úr amínósýrum fyrir mælingu með hvarfi við o-phthalaldehyde og N-acetyl L-cysteine. Amínósýrur voru aðgreindar og mældar með vökvagreini (reversed phased liquid chromatograph). Notaður var flúrnemi (390 / 475 nm). Aðferðin var ekki faggild en tvísýni voru alltaf mæld.

Sykrur voru ákvarðaðar með ensímaðferð hjá Landbúnaðarháskóla Íslands. Vatn var ákvarðað með þurrkun við 100 °C yfir nótt.

3. NIÐURSTÖÐUR

3.1 Afurðir bakaðar á plötu

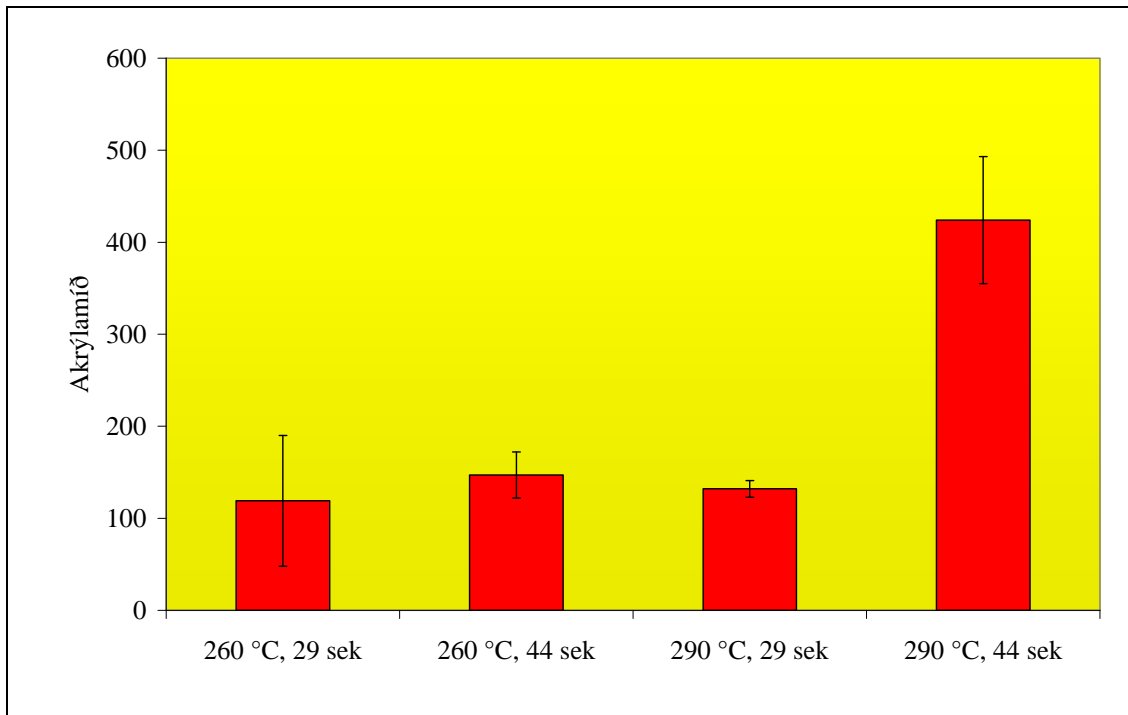
Í töflu 2 koma fram niðurstöður mælinga á akrýlamíði í bökunarmódelum sem byggjast á íslenskum flatkökum. Prófuð voru tvö hitastig við bökun og var bökunartíminn annars vegar 29 sekúndur og hins vegar 44 sekúndur. Akrýlamíð var mælt í tveimur sýnum fyrir hverja uppsetningu og munaði talsverðu á þeim, einkum við lægra hitastigið og styttri tímann. Ekki kemur á óvart að nokkur munur sé á akrýlamíði milli endurtekninga við bökun þar sem beitt er háum hita í stuttan tíma. Ekki var marktækur munur á magni akrýlamíðs eftir því hvort bygg var 20 eða 60% af mjölinu. Á mynd 1 eru niðurstöður fyrir bæði módelin sameinaðar fyrir hverja uppsetningu á hita og tíma. Greinilegt er að bæði þarf hærra hitastigið og lengri tímann til að fá verulega aukningu á akrýlamíði en þau sýni voru jafnframt óneysluhæf vegna brunabletta. Akrýlamíð var marktækt hærra við hærra hitastigið ($p < 0,001$) og við lengri bökunartímann ($p < 0,001$). Samsvarandi niðurstöður fást þegar akrýlamíð er reiknað í þurrefni. Vatn í sýnunum var $32,1 \pm 6,2$ g/100g. Það minnkaði marktækt þegar bökunarhitastig var hækkað og tími lengdur. Ekkert akrýlamíð mældist í einu sýni af deigi. Í norskri rannsókn (Bråthen & Knutsen 2005) á bökunarmódeli óx myndun akrýlamíðs með hækkanði bökunarhita og náði hámarki við 200 °C.

Meðaltal fyrir akrýlamíð í öllum sýnum var 206 µg/kg (votvigt), lægsta gildið var 54 µg/kg en það hæsta 510 µg/kg. Til samanburðar má geta þess að niðurstöður fyrir akrýlamíð í sænskum brauðvörum voru allt frá því að vera undir greiningarmörkum og upp í 1.900 µg/kg (Svensson o.fl. 2003) og í íslenskum brauðvörum var akrýlamíð mælt árið 2002 á bilinu < 30 til 980 µg/kg (Umhverfisstofnun 2006). Akrýlamíð í íslenskum flatkökum var þá 78 µg/kg. Niðurstöður okkar eru því innan þekktra marka og síst hærra en við mátti búast þar sem um var að ræða snertingu við mjög heitt yfirborð.

Tafla 2. Akrylamíð í bökunarmódeli eftir bökun við mismunanda hita og tíma.

Bökunarmódel	Númer sýnis	Hitastig neðri plötu °C	Tími Sek	Vatn g/100g	Akrylamíð Votvigt µg/kg	Akrylamíð Þurrvigt µg/kg
20% bygg	1	260	29	39,7	101	167
	2	260	29	38,6	221	360
	3	260	44	30,7	125	180
	4	260	44	32,3	176	260
	5	290	29	37,5	127	203
	6	290	29	38,7	129	210
	7	290	44	24,8	449	597
	8	290	44	26,0	381	515
60% bygg	9	260	29	37,7	54	87
	10	260	29	38,3	100	162
	11	260	44	28,8	127	178
	12	260	44	29,1	159	224
	13	290	29	33,4	145	218
	14	290	29	34,3	128	195
	15	290	44	22,2	510	656
	16	290	44	21,7	357	456
20% bygg						
Meðaltal+SD				33,5 ± 6,0	214 ± 131	312 ± 164
Lægst - hæst				24,8 - 39,7	101 - 449	167 - 597
60% bygg						
Meðaltal+SD				30,7 ± 6,4	198 ± 155	272 ± 188
Lægst - hæst				21,7 - 38,3	54-510	87 - 656
Bæði módel						
Meðaltal+SD				32,1 ± 6,2	206 ± 139	292 ± 172
Lægst - hæst				21,7 - 39,7	54 - 510	87 - 656

Í töflum 3 og 4 eru sýndar niðurstöður mælinga á sykrum og amínósýrum. Til að auðvelda samanburð á deigi og brauði eru niðurstöður einnig gefnar upp í þurrefni í töflu 5. Glúkósi og aspargín eru þau efni sem líklegust eru til að taka þátt í myndun akrylamíðs. Niðurstöður fyrir amínósýrur í töflunum eiga aðeins við óbundnar amínósýrur, sem eru þær amínósýrur sem gætu tekið þátt í myndun akrylamíðs. Ljóst er að nægjanlegt magn er af þessum efnum til að akrylamíð myndist við hitun. Aðeins lítil hluti afoxandi sykra og aspargíns (0,1-0,3%) tekur þátt í myndun akrylamíðs við hagstæðustu skilyrði í módelkerfi (Dybing o.fl. 2005).



Mynd 1. Akrylamíð (µg/kg þurrvig) í báðum bökunarmódelum eftir bökun við mismunandi hita og tíma. Súlurnar sýna meðaltöl fyrir fjögur sýni í hverju tilfalli.

Heildarmagn óbundinna amínósýra í bökuðum sýnum var 0,9-1,4 g/kg þurrefni, í deigi 1,5-1,7 g/kg þurrefni og í byggmjöli 2,1 g/kg þurrefni. Byggmjölið gaf talsvert af aspargíni en einnig var umtalsvert óbundið af amínósýrunum glútamínsýru, argíníni og leusíni.

Bygg reyndist ágætlega við bakstur. Aukning á hlutfalli byggs úr 20% í 60% af mjöli á móti hveiti leiddi ekki til neinna vandkvæða við meðferð deigs eða bakstur. Bragð af vörunni var metið mjög gott.

Tafla 3. Sykrur (votvigt) í byggmjöli og flatkökubökunarmódeli (deig og bökuð vara).

Sýni	Númer sýnis	Vatn g/100g	Glúkósi g/100g	Frúktósi g/100g	Súkrósi g/100g	Sykrur alls g/100g
Byggmjöl	B1	9,9	0,16	0,05	0,57	0,78
Deig: 20% bygg	D20	49,8	0,29	0,15	0,24	0,68
Deig: 60% bygg	D60	46,7	0,27	0,13	0,20	0,60
Bakað: 60% bygg	9 ^{*)}	37,7	0,11	0,04	0,41	0,56
Bakað: 60% bygg	15 ^{*)}	22,2	0,18	0,07	0,43	0,68

^{*)} Sjá nánar í töflu 2.

Tafla 4. Óbundnar amínósýrur (mg/kg votvigt) í byggmjöli og flatkökubökunarmódeli (deig og bökuð vara).

	Eining	Bygg- mjöl	Deig 20% bygg	Deig 60% bygg	Bökuð vara 60% bygg Nr 9	Bökuð vara 60% bygg Nr 15
L-Alanín	µg/kg	143	37	51	51	38
L-Argínín	µg/kg	322	104	183	157	122
L-Aspargín	µg/kg	268	108	97	97	119
L-Aspartínsýra	µg/kg	214	99	107	107	97
L-Fenýlalanín	µg/kg	40	21	26	26	15
L-Glútamínsýra	µg/kg	367	30	29	29	49
Glysín	µg/kg	29	19	20	20	14
L-Histidín	µg/kg	23	12	15	15	9
L-Ísóleusín	µg/kg	25	17	21	21	11
L-Leusín	µg/kg	205	174	191	191	154
L-Lýsín	µg/kg	25	27	34	25	15
L-Meþíonín	µg/kg	9	9	10	10	4
L-Serín	µg/kg	59	19	28	28	19
L-Systín	µg/kg	45	30	31	31	21
L-Týrósín	µg/kg	40	15	24	24	20
L-Valín	µg/kg	53	27	34	34	20
L-Þreonín	µg/kg	32	13	17	17	9
Amínósýrur samtals	µg/kg	1900	759	917	883	737

Tafla 5. Sykrur og óbundnar amínósýrur (þurrvignt) í bakaðri vöru, deigi og íslensku byggi.

	Glúkósi	Frúkósi	Súkrósi	Aspargín	Leusín
	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
	Þurrvignt	Þurrvignt	Þurrvignt	Þurrvignt	Þurrvignt
Byggmjöl	0,18	0,06	0,63	0,030	0,023
Deig, 20% bygg	0,58	0,30	0,48	0,021	0,035
Deig, 60% bygg	0,51	0,24	0,38	0,018	0,036
Bökuð vara nr. 9 ^{*)}	0,18	0,06	0,66	0,016	0,031
Bökuð vara nr. 15 ^{*)}	0,23	0,09	0,55	0,015	0,020

^{*)} Sjá nánar í töflu 2.

3.2 Djúpsteiktar bökunarvörur

Sérstök tilraun var gerð 2006 til að kanna áhrif steikingartíma á akrýlamíð í laufabrauði. Niðurstöðurnar koma fram í töflu 6. Steikingartíminn hefur gríðarleg áhrif. Akrýlamíð rúmlega sexfaldaðist við það að lengja steikingartímamann úr 25 sekúndum, sem er venjulegur tími, í 32 sekúndur.

Tafla 6. Niðurstöður mælinga (votvignt) á sýnum úr tilraun með steikingu laufabrauðs 2006.

Steikingartími	Vatn í steiktu laufabrauði	Akrýlamíð í steiktu laufabrauði
Sek	g/100g	µg/kg
17	4,2	E.m.
19	3,3	40,0
25	3,3	42,4
27	2,4	151
32	2,0	275

E.m. Ekki mælanlegt

Bökunartilraun með laufabrauðsmódel var gerð hjá Ömmubakstri í desember 2005. Prófuð voru sex módel með mismunandi samsetningu en steikingartíma og hita haldið föstum (tafla 7). Í einu sýni af laufabrauði frá fyrra ári hafði ekki mælst neitt akrýlamíð og því átti að kanna hvort einhver af hráefnunum hömluðu gegn myndun þess. Prófað var

að taka burt undanrennuduft, gúar gúmmí og sódaduft (NaHCO_3), en einnig að setja hjartarsalt (NH_4HCO_3) í stað sódadufts og tvöfalda magn undanrennudufts. Akrylamíð var nú mælanlegt í öllum módelum nema módelinu sem var án sódadufts. Hin gildin eru hins vegar svo lág, um eða undir greiningarmörkum, að túlka verður allan samanburð með varúð. Það sem hægt er að segja er að mjög lítið akrylamíð var í öllum sýnunum. Þetta er mjög athyglisvert þar sem mun meira akrylamíð myndast í frönskum kartöflum sem einnig eru steiktar í olíu við háan hita. Steikingartíminn fyrir laufabrauð er styttri (um 25 sekúndur) en steikingartími fyrir franskar kartöflur er fáeinar mínútur og vera má að þetta atriði ráði úrslitum. Einnig gæti skipt máli að mikið vatn gufar úr deiginu á stuttum tíma og það leiðir til kælingar á vörunni. Það er því engan veginn víst að laufabrauðið nái hita steikingarolíunnar. Óformlegt skynmat fór fram á laufabrauðinu og var álitíð að litur, bragð og lykt væru í lagi.

Tafla 7. Niðurstöður mælinga (votvigt) á sýnum úr tilraun með laufabrauðsmódel 2005. Niðurstöður eru meðaltöl fyrir tvö sýni af hverri gerð.

Nr	Gerð	Vatn í deigi	Vatn í steiktu sýni	Akrylamíð í steiktu sýni
		g/100g	g/100g	µg/kg
1	Viðmiðun, venjulegt laufabrauð	35,1	1,7	65
2	Tvöfalt magn undanrennudufts	37,5	2,4	39
3	Ekkert undanrennuduft	37,5	3,2	46
4	Ekkert gúar gúmmí	37,3	3,1	32
5	Ekkert NaHCO_3	37,8	2,7	< 30
6	Með NH_4HCO_3 en án NaHCO_3	38,1	3,0	56
	Meðaltal	37,2	2,7	48

Á árinu 2004 var gerð mæling á akrylamíði í íslensku laufabrauði frá Ömmubakstri og var akrylamíð ekki mælanlegt. Sýnið var af dæmigerðu laufabrauði sem framleitt var fyrir íslenskan markað. Niðurstaðan er mjög athyglisverð þar sem aðstæður til myndunar akrylamíðs ættu að vera ákjósanlegar við djúpsteikingu laufabrauðs. Steikt er við um 200 °C og afoxandi sykrur og amínósýrur eru til staðar. Franskar kartöflur eru steiktar með sama hætti og er vel þekkt að akrylamíð myndast í þeim. Töflur 8 og 9 sýna niðurstöður mælinga á sykrum og amínósýrum. Samkvæmt niðurstöðunum hafa styrkir bæði afoxandi sykra og aspargíns á þurrefnisgrunni lækkað umtalsvert við steikinguna. Fyrsta mælingin

á akrýlamíði í íslensku laufabrauði var gerð 2002 og mældist akrýlamíð þá 140 µg/kg (Umhverfisstofnun 2006).

Tafla 8. Sykrur (votvigt) í laufabrauðsdeigi og steiktu laufabrauði.

Sýni	Vatn	Glúkósi	Frúktósi	Súkrósi	Sykrur alls
	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
Laufabrauðsdeig	32,4	0,27	0,11	0,86	1,24
Steikt laufabrauð	3,0	0,12	0,07	1,48	1,67

Tafla 9. Óbundnar amínósýrur (mg/kg votvigt) í laufabrauðsdeigi og steiktu laufabrauði.

	Eining	Laufabrauðs- deig	Steikt laufabrauð
L-Alanín	µg/kg	55	23
L-Argínín	µg/kg	44	19
L-Aspargín	µg/kg	81	46
L-Aspartínsýra	µg/kg	75	60
L-Fenýlalanín	µg/kg	42	12
L-Glútamínsýra	µg/kg	60	28
Glysín	µg/kg	23	11
L-Histidín	µg/kg	20	16
L-Ísóleusín	µg/kg	32	9
L-Leusín	µg/kg	260	142
L-Lýsín	µg/kg	49	10
L-Meþíonín	µg/kg	13	5
L-Serín	µg/kg	24	10
L-Systín	µg/kg	32	14
L-Týrósin	µg/kg	20	15
L-Valín	µg/kg	47	16
L-Þreonín	µg/kg	17	4
Amínósýrur samtsals	µg/kg	894	440

3.3 Brauð

Niðurstöður mælinga á akrýlamíði í brauðum árið 2006 koma fram í töflu 10. Athyglisvert er að akrýlamíð var aðeins mælanlegt í seyddu rúgbrauði þrátt fyrir að það hafi verið bakað við lægsta hitastigið (100 °C). Samsetning seydda rúgbrauðsins er sérstök vegna þess að það inniheldur mikinn sykur (súkrósa) og er bakað í langan tíma. Þekkt er að akrýlamíð myndast ekki ef hitastig er undir 100°C (Pedreschi o.fl. 2004). Því má ætla að hiti í seydda rúgbrauðinu hafi á einhverju tímabili farið yfir 100 °C og hitamælingin hafi verið ónákvæm. Súkrósinn í rúgbrauðinu er ekki afoxandi sykur og tekur því ekki þátt í myndun akrýlamíðs. Hins vegar er næsta víst að nóg er af glúkósa og frúktósa til að taka þátt í myndun akrýlamíðs.

Tafla 10. Niðurstöður mælinga (votvigt) á brauðum 2006.

	Bökunarhiti Inn / út °C	Bökunar- tími	Vatn g/100g	Akrýlamíð Votvigt mg/kg	Akrýlamíð Þurrvigt mg/kg
Heimilisbrauð	260 / 230	33 mín	34,9	E.m. ^{*)}	E.m.
Maltbrauð	230 / 180	60 mín	41,5	E.m.	E.m.
Seytt rúgbrauð	100 / 100	14 klst	35,0	498	766
Byggbrauð	260 / 230	33 mín	36,7	E.m.	E.m.
Byggbrauð, tvíbakað	97 + 260 / 230		38,2	E.m.	E.m.
Byggbrúgbrauð	250 inn, 200 út	55 mín	40,8	E.m.	E.m.

^{*)} Ekki mælanlegt.

Til eru niðurstöður mælinga á akrýlamíði í Heimilisbrauði og seyddu brauði úr rúgmjöli frá árinu 2002 (Umhverfisstofnun 2002). Akrýlamíð var þá ekki mælanlegt í Heimilisbrauðinu (< 10 µg/kg) en í seydda brauðinu mældist akrýlamíð 980 µg/kg. Þessar niðurstöður eru því hliðstæðar þeim sem fengust 2006. Ætla má að mjög lítið akrýlamíð sé að jafnaði í algengustu matbrauðunum en ástæða sé til að líta nánar á seyddu rúgbrauðin og reyna að breyta framleiðsluferlinu þannig að minna myndist af akrýlamíði. Vænlegasta leiðin gæti verið sú að halda bökunarhitunum stöðugum við 100 °C.

3.4 Kartöfluafurðir

Í töflu 11 eru niðurstöður mælinga árið 2006 á frönskum kartöflum frá Kartöfluverksmiðjunni í Þykkvabæ. Hráefni og vinnsluþættir voru þekktir eins og fram kemur í töflunni. Sýnin voru af frosnum frönskum kartöflum eftir forsteikingu (steikingu í verksmiðju) en þá er ofnsteiking í heimahúsi eftir. Akrylamíð var ekki mælanlegt í sýnum sem voru steikt við 175 °C en í sýninu sem var steikt við 185 °C var akrylamíð 136 µg/kg votvigt eða 364 µg/g þurrvigt. Þetta má telja mjög hagstæðar niðurstöður fyrir franskar kartöflur. Hafa þarf í huga að steiking í heimahúsi er eftir og þá getur styrkur akrylamíðs aukist umtalsvert.

Tafla 11. Niðurstöður mælinga (votvigt) á frönskum kartöflum eftir verksmiðjusteikingu 2006.

Yrki	Steikingarhiti °C	Vatn í steiktu sýni g/100g	Akrylamíð í steiktu sýni µg/kg
Gullauga, íslenskt	175	64,9	E.m.
Agria, innflutt	175	64,8	E.m.
Agria, innflutt	185	62,6	136

Í töflu 12 má sjá niðurstöður mælinga 2004 á frönskum kartöflum og kartöflum sem voru notaðar við framleiðsluna. Akrylamíð í einu sýni var 257 µg/kg ferskvigt eða 687 µg/kg þurrvigt. Mælingar á sykrum sýna að afoxandi sykrur (glúkósi og frúktósi) voru 0,2 til 0,3 g/100g (votvigt) en það er nægjanlegt til að akrylamíð myndist. Í mælingum á íslenskum kartöflum 1999 mældust afoxandi sykrur á bilinu 0,3 til 0,5 g/100g (Valur Gunnlaugsson og Ólafur Reykdal 2000). Við framleiðslu á kartöfluafurðum erlendis er víða miðað við að afoxandi sykrur fari ekki upp fyrir 0-0,2 g/100g.

Akrylamíð var fyrst mælt í íslenskum forsteiktum frönskum kartöflum árið 2002 og var niðurstaðan 700 µg/kg votvigt eða 1940 µg/kg þurrvigt (Umhverfisstofnun 2006). Þetta er mjög hátt gildi í ljósi þess að eftir var að ofnsteikja kartöflurnar í heimahúsi. Samkvæmt þeim mælingum sem hafa verið gerðar síðar virðist akrylamíð í forsteiktum íslenskum kartöflum hafa farið lækkandi. Hjá erlendum fyrirtækjum hefur komið fram að akrylamíð í frönskum kartöflum hafi verið breytilegt frá einum tíma til annars og erfitt

hafi verið að skýra breytileikann. Erlend fyrirtæki fylgjast með akrýlamíði í afurðum sínum og líta á það sem einn af þeim þáttum sem gæðakerfið þarf að ná til.

Tafla 12. Niðurstöður mælinga (votvigt) á hráum Gullauga kartöflum og frönskum kartöflum úr þeim 2004.

Sýni	Númer sýnis	Vatn g/100g	Akrýlamíð µg/kg	Glúkósi g/100g	Frúktósi g/100g	Súkrósi g/100g
Hráar kartöflur	Þykkvabær 1	80,6		0,26	0,01	0,23
	Þykkvabær 2	80,5		0,13	0,07	0,11
Franskar kartöflur	Þykkvabær 1	62,6	257	0,31	0,27	0,01
	Þykkvabær 2	63,6		0,12	0,12	0,20

4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Beint samband er milli hitameðferðar (hitastig og tími) og myndunar akrýlamíðs. Myndun akrýlamíðs fylgir að öllu jöfnu brúnun í afurðum sem verður vegna Maillard efnahvarfsins. Myndun akrýlamíðs er mest í afurðum sem ná hita yfir 120 °C og vatnsvirkni undir 98%. Mikilvægustu efnin sem taka þátt í myndun akrýlamíðs eru afoxandi sykrur svo sem glúkósi og frúktósi (en ekki súkrósi) og amínósýran aspargín þegar hún er óbundin.

Í kartöfluaufurðum eru afoxandi sykrur þau efni sem ráða úrslitum fyrir myndun akrýlamíðs. Styrkur afoxandi sykra getur verið mjög breytilegur í kartöflum eftir yrkjum, árstíma og geymsluskilyrðum. Aspargín í kartöflum skiptir einnig máli fyrir myndun akrýlamíðs. Óbundið aspargín er það efni sem hefur mest áhrif á myndun akrýlamíðs í bökunarvörum að því gefnu að hitameðhöndlun sé nægileg. Rúgur inniheldur meira óbundið aspargín en hveiti, og í kími og hýði er meira aspargín en í mjölvánunum. Aspargín er ekki mjög breytilegt milli yrkja og geymsluskilyrði hafa lítil áhrif.

Íslendingar tóku þátt í norrænu verkefni um myndun akrýlamíðs í matvælum á árunum 2004-2007. Allar athuganir á akrýlamíði í íslenskum afurðum fóru fram hjá matvælaíðnaðinum. Mælingar voru gerðar á akrýlamíði í bökunarvörum og frönskum kartöflum og takmarkaðar mælingar á sykrum og amínósýrum í hráefnum. Gerðar voru tilraunir með afurðir sem byggðu á íslenskum flatkökum og laufabrauði. Í ljós kom að akrýlamíð var ekki hátt í þessum afurðum í samanburði við mikið hitaðar erlendar afurðir og má vafalítið þakka það stuttum hitunartíma. Akrýlamíð var ekki mælanlegt í algengustu íslensku matbrauðunum en athuganir benda til að akrýlamíð myndist í seyddum rúgbrauðum við langa bökun þegar hitinn er vel yfir 100 °C. Akrýlamíð í frönskum kartöflum var breytilegt en gat í lok verkefnisins talist mjög lágt eftir forsteikingu í verksmiðju. Magn akrýlamíðs veltur í framhaldinu mikið á því hvernig staðið er að steikingu í heimahúsum.

Viðleitni til að draga úr magni akrýlamíðs í matvælum beinist sérstaklega að því að lækka hitastig og / eða hitunartíma en þessum aðgerðum þarf að vera nákvæmlega stjórnað til að gæði afurðanna haldist. Í matvælaíðnaði á Vesturlöndum hefur náðst árangur við að draga úr magni akrýlamíðs í afurðum og á tilraunastofum hefur verið sýnt fram á ýmsar leiðir til að draga úr magninu. Helstu mögulegar leiðir til að draga úr magni akrýlamíðs í matvælum eru taldar upp hér að neðan:

Leiðir til að draga úr myndun akrýlamíðs í kornvörum:

- Stýra betur hitastigi og tíma.
- Lengja verkunartíma gers.
- Auka þykkt og raka afurðanna.
- Nota ekki hjartarsalt.
- Bæta við glýsíní sem keppir við aspargín.
- Nota ensím til að eyða aspargíní.
- Bæta kalsíum klóríði í deigið.

Leiðir til að draga úr myndun akrýlamíðs í kartöfluafurðum:

- Stýra betur hitastigi og tíma
- Velja heppileg kartöfluyrki.
- Snögghita kartöflur í vatni til að lækka styrk sykra.
- Stefna að ljósari gullnum lit á frönskum kartöflum.
- Dýfa kartöflum í kalsíum klóríð lausn.

Framangreindar aðgerðir geta í mörgum tilfellum leitt til óæskilegra breytinga á gæðum afurðanna og því þarf að undirbúa þær vel með prófunum.

Matvælaíðnaðurinn lítur á akrýlamíð sem einn af mörgum áhættuþáttum sem þarf að lágmarka. Hjá Evrópusambandinu er til skoðunar að setja hámarksgildi um magn akrýlamíðs í matvælum. Í Þýskalandi hafa þegar verið sett aðgerðamörk fyrir akrýlamíð í matvælum. Miklar alþjóðlegar rannsóknir eru nú stundaðar á myndun akrýlamíðs í matvælum og áhrifum þess á heilsu. Búast má við því að á næstu árum komi fram nýjar rannsóknaniðurstöður sem geri áhættumat fyrir akrýlamíð mögulegt.

5. ÞAKKARORÐ

Samstarfsfólk í matvælaíðnaði fær bestu þakkir fyrir aðstoðina og ánægjulegt samstarf. Við viljum sérstaklega nefna Harald Friðriksson og Ingólf Garðarsson hjá Ömmubakstri, Friðrik Magnússon og Auðunn Örn Gunnarsson hjá Kartöfluverksmiðju Þykkvabæjar og Iðunni Geirsdóttur og Valgarð Thoroddsen hjá Myllunni.

6. HEIMILDIR

Claeys, W.L., K. De Vleeschouwer & M.E. Hendrickx, 2005. Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends in Food Science & Technology* 16: 181-193.

Bråthen, E., S.H. Knutsen, 2005. Effect of temperature and time on the formation of acrylamide in starch-based and cereal model systems, flat breads and bread. *Food Chemistry* 92: 693-700.

CIAA (European Food Industry Organisation), 2008. Acrylamide pamphlets. Sótt 2.01.2008 á vefsíðuna: http://www.ciaa.be/pages_en/documents/acrylamide.asp

Dybing, E., P.B. Farmer, M. Andersen, T.R. Fennel, S.P.D. Lalljie, 2005. Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food. *Food and Chemical Toxicology* 43: 365-410.

Eerola, S., K. Hollebekkers, A. Hallikainen & K. Peltonen, 2007. Acrylamide levels in Finnish foodstuffs analysed with liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Mol. Nutr. Food Res.* 51: 239-247.

Food Standards Agency, 2006. Vefsíðan: www.food.gov.uk/news/newsarchive/2005/jan/acrylfood. Sótt 10.01.2006.

Foot, R.J., N.U. Haase, K. Grob & P. Gonde, 2007. Acrylamide in fried and roasted potato products: A review on progress in mitigation. *Food Additives and Contaminants*, Supplement 1. 24 (S1): 37-46.

Graf, M., T.M. Amrein, S. Graf, R. Szalay, F. Escher, R. Amado, 2006. Reducing the acrylamide content of a semi-finished biscuit on industrial scale. *LWT*. Í prentun.

Gökmen, V. & H.Z. Senyuva, 2007. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry* 103: 196-203.

Halford, N.G., N. Muttucumaru, T.Y. Curtis & M.A.J. Perry, 2007. Genetic and agronomic approaches to decreasing acrylamide precursors in crop plants. *Food Additives and Contaminants*, Supplement 1. 24 (S1): 26-36.

IARC (International Agency of Research on Cancer), 2008. Vefsíðan: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol60/volume60.pdf>. Sótt 2.01.2008.

INFOSAN (International Food safety Authorities Network), 2005. Acrylamide is a potential health hazard. *INFOSAN Information Note 2/2005 – Acrylamide*.

Konings, E.J.M., P. Ashby, C.G. Hamlet & G.A.K. Thompson, 2007. Acrylamide in cereal and cereal products: A review on progress in level reduction. *Food Additives and Contaminants*, Supplement 1. 24 (S1): 47-59.

Lineback, D., 2007. EU acrylamide workshop. *Food Additives and Contaminants*, Supplement 1. 24 (S1): 3-4.

Musser, S.M., 2002. Detection and quantitation of acrylamide in foods. U.S. Food and Drug Administration, USA. Sótt á: <http://www.cfsan.fda.gov>.

Ólafur Reykdal, 1998. Úttekt á nokkrum efnum í Íslenska gagnagrunninum fyrir efnainnihald matvæla 1996-97. *Rannsóknastofnun landbúnaðarins* RL 008/AF 004. Fjölrit, 34 bls.

Ólafur Reykdal og Irek Klonowski, 2006. Myndun akrýlamíðs úr bökunarmódeli úr byggi. *Fræðaðing landbúnaðarins* 2006: 395-398.

Pedreschi, F., K. Kaack, K. Granby, 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **37**: 679-685.

Rosén, J., Hellenäs, K.-E., 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *The Analyst* **127**: 880-882.

Svensson, K., L. Abrahamsson, W. Becker, A. Glynn, 2003. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food and Chemical Toxicology* **41**: 1581-1586.

Umhverfisstofnun, 2006. Niðurstöður mælinga á akrýlamíði í matvælum á íslenskum markaði 2002 eru á vefsíðu stofnunarinnar: www.ust.is/Matvaeli/Matvaelafrettir/nr/2106. Sótt 9.01.2006.

Valur Norðri Gunnlaugsson og Ólafur Reykdal, 2000. Gæði grænmetis á íslenskum markaði 1998-1999. *Fjölrit Rala* **202**. 77 bls.

Wenzl, T. & E. Anklam, 2007. European Union database of acrylamide levels in food: Update and critical review of data collection. *Food Additives and Contaminants*, Supplement 1. 24 (S1): 5-12.