



FoodDrinkEurope Akryyliamidi-opas 2013

Lähde: FoodDrinkEurope – 10. tammikuuta 2014
Yhteydenotot: b.kettlitz@fooddrinkeurope.eu

Lisätietoja aiheesta Suomessa saat mm.

Evira: www.evira.fi

Elintarviketeollisuusliitto ry www.etl.fi

Enlanninkielisestä alkuperäisoppaasta suomeksi käännettänyt: Elintarviketeollisuusliitto ry

26.3.2014

Sisällysluettelo

Vuoden 2011 akryyliamidioppaaseen tehdyt muutokset pääpiirteittäin	5
Yhteenveto	5
Taustaa.....	6
Akryyliamidin muodostuminen	7
Oppaan muuttujien määrittely ja käyttö	9
Määrittys- ja näytteenottomenetelmät	12
Mittausepävarmuus.....	13
Lainsäädännön noudattaminen.....	13
Riski-riskitarkastelu ja riski-hyötytarkastelu	14
Muita huomioon otettavia seikkoja	15
Lyhenteet	17
Perunapohjaiset napostelutuotteet	18
1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit.....	18
2. Maanviljely: Asparagiini	19
3. Resepti: Muut vähäiset aineet (aminohapot, kalsiumsuolat ja muut raaka-aineet)	21
4. Resepti: pH	22
5. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko	22
6. Resepti: Fermentointi.....	23
7. Jalostus: Asparaginaasi.....	23
8. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus.....	23
9. Jalostus: Esikäsittely (esimerkiksi pesu, kiehattaminen ja kaksiarvoiset kationit)	25
10. Jalostus: Lopputuotteen väri	26
Ranskanperunat ja muut paloittelut (ja uppopaistetut) perunatuotteet	28
1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit.....	28
2. Maanviljely: Asparagiini (Asn)	29
3. Resepti: Muut vähäiset aineet (aminohapot, kalsiumsuolat ja muut raaka-aineet)	30
4. Res4. resepti: pH	30
5. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko	31
6. Jalostus: Asparaginaasi.....	31
7. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus.....	31

8. Jalostus: Esikäsittely (esimerkiksi pesu, kiehattaminen ja kaksiarvoiset kationit)	32
9. Jalostus: Lopputuotteen väri	34
10. Viimeistely: Kuluttajien ja ravintoloiden ohjeistaminen	35
Vilja- ja jyvätuotteet	36
1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit	36
2. Maanviljely: Asparagiini	37
3. Resepti: Nostatusaineet	38
4. Resepti: Muut vähäisemmät valmistusaineet	39
5. Resepti: pH	41
6. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko	41
7. Resepti: Muokkaus	43
8. Resepti: Fermentointi	43
9. Jalostus: Asparaginaasi	44
10. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus	46
11. Jalostus: Lopputuotteen väri	47
12. Jalostus: Koostumus/maku	47
13. Viimeistely: Kuluttajien, asiakkaiden ja ravintoloiden ohjeistaminen	47
Kahvi, paahdetut pavut ja kahvin korvike	48
1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit	48
2. Maanviljely: Asparagiini	48
3. Resepti: Muut vähäiset valmistusaineet	49
4. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko	49
5. Jalostus: Asparaginaasi	50
6. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus	51
7. Jalostus: Esikäsittely	52
8. Jalostus: Lopputuotteen väri	52
9. Jalostus: Koostumus/maku	53
10. Viimeistely: Kuluttajien ja ravintoloiden ohjeistaminen	53
Lasten keksit, lasten aamiaisviljavalmistet ja muut kuin viljapohjaiset vauvanruoat	54
1. Resepti: Muut vähäiset valmistusaineet	54
2. Jalostus: Asparaginaasi	54
3. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus	55
Lisätietoja	56

Yleistä	56
Perunatuotteet.....	56
Viljatuotteet	57
Kahvituotteet.....	58

Vuoden 2011 akryyliamidioppaaseen tehdyt muutokset pääpiirteittäin

- Oppaassa esitettyjen menetelmien luokittelua on tarkistettu seuraavasti:
 - 1) Menetelmät, joiden tehokkuus on osoitettu teollisessa käytössä (**kaupalliset sovellukset**)
 - 2) Kehittyvät menetelmät, joilla on mahdollisesti saatu hyviä tuloksia mutta joiden tehokkuutta ei ole osoitettu järjestelmällisesti (**kehitys**)
 - 3) Pienessä mittakaavassa testatut tekniikat, joita on testattu vain laboratorio-olosuhteissa tai joilla on jonkin verran vaikutusta tuotteen ominaisuuksiin (**tutkimus**).Tämän päivityksen tarkoituksena on auttaa lainsäätäjiä ja muita käyttäjiä ymmärtämään, minkälaisia ratkaisuja eri elintarvikeluokissa voidaan toteuttaa.
- Elintarvikeluokat, joissa ei ole tapahtunut muutoksia, on poistettu.
- Olemassa olevia menetelmiä on tarkasteltu ja luokitusta on tarkistettu sen mukaisesti.
- Perunatuotteet on jaettu kahteen luokkaan: perunapohjaisiin napostelutuotteisiin sekä ranskanperunoihin ja muihin paloiteltuihin, (uppoaistettuihin) perunatuotteisiin. Joitain menetelmiä voidaan soveltaa molempiin luokkiin. Monet menetelmät voivat kuitenkin tuottaa kahteen eri luokkaan sovellettaessa erilaisen lopputuloksen akryyliamidin vähentämisessä tuotannon ja lopullisen tuotteen erilaisten ominaisuuksien vuoksi. Ranskanperunat ja muut paloitellut, (uppoaistetut) perunatuotteet eivät ole käyttövalmiita tuotteita, toisin kuin perunapohjaiset napostelutuotteet; elintarvikealan toimijan tai kuluttajan on siis kypsennettävä ne ennen nauttimista.
- Viimeisemmät tieteelliset julkaisut ja hankkeen päivitykset.

Yhteenveto

FoodDrinkEuropen akryyliamidioppas on tulos yli 10 vuotta kestäneestä elintarvikealan ja Euroopan unionin kansallisten viranomaisten yhteistyöstä, jonka tavoitteena on ollut tutkia akryyliamidin muodostumistapoja ja mahdollisia keinoja rajoittaa sille altistumista.

Akryyliamidioppaan tarkoituksena on tarjota kansallisille ja paikallisille viranomaisille, valmistajille (mukaan lukien pienille ja keskiuurille yrityksille) ja muille asiaankuuluville tahoille lyhyet kuvaukset toimista, joilla akryyliamidin muodostumista voidaan estää ja vähentää tietyissä valmistusmenetelmissä ja tuotteissa. Sen avulla pyritään erityisesti auttamaan yksittäisiä valmistajia, kuten pk-yrityksiä, joilla on vähäiset tutkimus- ja kehitysresurssit, tutkimaan ja arvioimaan, mitkä tähän mennessä tunnistetuista toimista voivat vähentää akryyliamidin muodostumista niiden valmistusmenetelmissä ja tuotteissa. Osa menetelmistä ja rajoituksista voi osoittautua hyödyllisiksi myös kotitalouksien ruoanvalmistuksessa ja ravitsemisliikkeissä, joissa valmistusolosuhteiden tarkka valvominen voi olla vaikeaa.

Akryyliamidioppaan aiemmat versiot sisälsivät 14 muuttujaa, jotka oli koottu neljään ryhmään; näistä elintarvikkeiden tuottajat saattoivat valita sopivimmat akryyliamidipitoisuuksien vähentämiseksi tuotteissaan. Ryhmittely oli tehty i) viljelyn, ii) reseptin, iii) jalostuksen ja iv) viimeistelyn perusteella.

Oppaan viimeisimmässä tarkistuksessa ilmeni, että tämä ryhmittely ei ole enää käytännöllisin tapa esitellä eri tuotetyypeille suunnattuja menetelmiä. Lisäksi ryhmittely teki muuttujien päivittämisen vaikeaksi yksittäisille sektoreille.

Tämä akryyliamidioppaan uusin tarkistus on jäsenelty kolmen, akryyliamidin muodostumisen kannalta riskialttiin, tuoteluokan ympärille ottaen huomioon Codex Alimentarius -komission julkaisemat akryyliamidin

vähentämistä elintarvikkeissa koskevat käytännösäännöt [CODEX CODE OF PRACTICE FOR THE REDUCTION OF ACRYLAMIDE IN FOODS (CAC/RCP 67-2009)]. Tuoteluokat ovat peruna, vilja ja kahvi. Nämä päätuoteluokat on jaettu alaluokkiin ja yksittäisiin menetelmiin.

Uusi rakenne lisää oppaan sivumäärää mutta auttaa lukijaa ymmärtämään paremmin muuttujia, joita voidaan soveltaa valikoivasti kulloistenkin tarpeiden ja tuotteen/valmistusprosessin vaatimusten mukaisesti. Lisäksi mahdollisten vähennystoimien yhteydessä on kerrottu, kuinka pitkälle tehdyt tutkimukset ovat edenneet, esimerkiksi laboratoriotutkimuksiin, kokeilukäyttöön tai teolliseen käyttöön. Tämän ansiosta kaikki oleelliset testit ja tutkimukset otetaan huomioon riippumatta niiden välittömästä sovellettavuudesta kaupalliseen tuotantoon.

Akryyliamidipasta ei ole tarkoitettu velvoittavaksi tai viralliseksi oppaaksi. Se on "elävä asiakirja", johon on kerätty testattuja, eri kehitysvaiheessa olevia ratkaisuja ja jota päivitetään sitä mukaa, kun uusia havaintoja tulee esiin. Lisäksi se voi tarjota hyödyllisiä esimerkkejä lähisektoreille, kuten ateriapalvelu-, vähittäismyynti- ja ravintolatoimintaan sekä kotitalouksien ruoanvalmistukseen. Oppaan ensisijaisena tavoitteena on tarjota sopivia ja käytännöllisiä ratkaisuja akryyliamidin kokonaisaltistuksen vähentämiseksi. Oppaan viimeisin englanninkielinen versio on luettavissa Internet-osoitteessa: [FoodDrinkEurope](#)

Oppaan vuonna 2009 tehdystä 12. tarkistetusta versiosta lähtien FoodDrinkEurope on pyrkinyt sisällyttämään oppaaseen yhdysvaltalaisilta elintarvike- ja juomavalmistajilta peräisin olevaa tietoa, joka saadaan kansallisen elintarvikevalmistajien yhdistyksen GMA:n (Grocery Manufacturers Association) kautta. Tämä tukee akryyliamidioppaan maailmanlaajuista sovellettavuutta ja käyttöä.

Helpottaakseen oppaan täytäntöönpanoa pk-yrityksissä FoodDrinkEurope ja Euroopan komission terveys- ja kuluttaja-asioiden pääosasto (DG SANCO) ovat laatineet yhdessä kansallisten viranomaisten kanssa sektorikohtaiset ohjeet akryyliamidin vähentämiseksi viidessä keskeisessä tuoteryhmässä: kekseissä, voileipäkekseissä ja näkkileivässä; leipätuotteissa; aamiaisviljavalmistetuissa; paistetuissa perunatuotteissa/perunalastuissa sekä paistetuissa perunatuotteissa/ranskanperunoissa. Yksittäiset toimijat voivat hyödyntää sektorikohtaisissa ohjeissa annettuja menetelmiä mukauttaakseen kukin omaa valmistusjärjestelmäänsä. Sektorikohtaiset ohjeet ovat luettavissa 22 kielellä Internet-osoitteessa:

http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm

Taustaa

Huhtikuussa 2002 viranomaiset, elintarviketeollisuus, ateriapalvelujen tarjoajat ja kuluttajat saivat yllätykseksen kuulla, että monet kuumennetut elintarvikkeet sisältävät merkittäviä määriä akryyliamidia, ainetta, joka oli siihen asti tunnettu vain hyvin reaktiivisena teollisuuskemikaalina ja jota esiintyy pieninä määrinä muun muassa tupakansavussa. Toksikologisten tietojen perusteella voitiin olettaa, että tämä aine saattaa olla – suoraan tai välillisesti – syöpää aiheuttava myös ihmisillä. JECFA:n, WHO:n ja SCF:n viimeaikaiset tutkimukset ovat vahvistaneet, että ravinnon kautta saatavaan akryyliamidiin liittyvää syöpäriskiä ei voida sulkea pois, mutta niissä ei vahvistettu, että syöpäriski olisi vähäisessä ravinnon kautta tapahtuvassa altistumisessa merkittävä verrattuna muihin altistumislähteisiin, kuten työperäiseen altistumiseen. JECFA:n viimeisimmässä akryyliamidia koskevassa tutkimuksessa, joka on julkaistu vuonna 2010, vahvistetaan aiemmat arviot ja todetaan, että terveysriski on osoitettu. Toisaalta JECFA totesi, että ravinnon kautta tapahtuvan altistumisen arvioiminen edellyttää tarkempaa tietämystä. Akryyliamiditutkimuksissa saatua tietoa on jaettu EU:n tasolla avoimesti ja säännöllisesti sidosryhmien tapaamisissa, työpajoissa ja foorumeissa. Tämä on asiakirjan 14. versio, johon on sisällytetty viimeisimmät havainnot ja tieto. Monet erilaiset paistetut teolliset, ravintola- ja kotivalmistetut elintarvikkeet sisältävät akryyliamidia pitoisuuksina, jotka ovat vähintään pari osaa miljardista

(ppb, $\mu\text{g}/\text{kg}$) ja enintään yli 1000 ppb. Akryyliamidia on muun muassa monissa peruselintarvikkeissa, kuten leivässä, paistetuissa perunoissa ja kahvissa, sekä myös muissa jokapäiväisissä tuotteissa, kuten perunalastuissa, kekseissä, näkkileivässä ja monissa muissa lämpökäsitellyissä tuotteissa.

Nykyisin tiedetään, että akryyliamidi on yleinen reaktiotuote, jota syntyy monissa kypsennysprosesseissa, ja että se on kuulunut ruokavalioomme todennäköisesti siitä lähtien, kun ihminen alkoi kypsentää ruokaa.

Kun akryyliamidia oli löytynyt elintarvikkeista, EU:n elintarviketeollisuus ryhtyi välittömästi tutkimaan, miten akryyliamidia muodostuu niissä ja miten kuluttajien altistumista voitaisiin vähentää. FoodDrinkEurope on alusta pitäen koordinoanut yksittäisten elintarvikkevalmistajien ja valmistajien järjestöjen toimintaa ja tukenut niiden välistä tiedonvaihtoa, jotta elintarvikkeiden akryyliamidipitoisuuksien vähentämistapoja voitaisiin tunnistaa ja niiden täytäntöönpanoa nopeuttaa. Samalla pyritään selvittämään, miten elintarviketeollisuuden hankkimaa tietoa voitaisiin hyödyntää kotitalouksien ja ravintoloiden ruoanvalmistuksessa, josta on peräisin yli puolet ravinnon kautta saatavasta akryyliamidista.

Elintarviketeollisuuden tutkimukset jatkuvat edelleen. Monissa tapauksissa helppoja (kaiken kattavia) ratkaisuja ei ole olemassa, sillä huomioon on otettava hyvin moninaisia tekijöitä. Ratkaisujen löytäminen edellyttää tarkempia tutkimuksia muun muassa yliopistomaailman kanssa esimerkiksi siitä, miten akryyliamidin esiasteen, kuten asparagiinin, pitoisuutta raaka-aineissa voidaan vähentää.

Akryyliamidin muodostuminen

Useimmat tässä asiakirjassa kuvatut menetelmät koskevat mekanismia, jota nykytietämyksen perusteella pidetään ravinnossa olevan akryyliamidin tärkeimpänä muodostumismekanismina, toisin sanoen pelkistävien sokerien reaktiota vapaan asparagiinin kanssa Maillardin reaktion yhteydessä. Asparagiinin dekarboksylaatioon – akryyliamidin muodostumisen kannalta merkittävään vaiheeseen – voivat vaikuttaa sokereiden lisäksi myös reaktiiviset karbonyyliyhdisteet.

Kirjallisuudessa on kuvattu myös muita muodostumistapoja, jotka eivät edellytä asparagiinia lähtöaineeksi; niitä ovat muun muassa akroleiini ja akryylihapo. Akryyliamidin termolyttinen vapautuminen vehnäsämpylöiden gluteenista on osoitettu vaihtoehtoiseksi muodostumistavaksi. Molaaristen tulosten perusteella näitä mekanismeja voidaan kuitenkin pitää vain vähäisenä osasyynä ravinnon akryyliamidipitoisuuteen.

Monissa kypsennysmenetelmissä merkittävin kypsennetyin elintarvikkeen väriin, makuun ja koostumukseen vaikuttava kemiallinen reaktio on Maillard-reaktio. Se perustuu aminohappojen ja sokereiden – toisin sanoen kaikissa keskeisissä elintarvikkeissa olevien tavallisten ravintoaineiden – välisiin monimutkaisiin reaktioihin. Kypsennysprosessilla itsessään – paistamisella, uppoaistamisella tai mikroaaltouunissa kypsentämisellä – ja kypsennyslämpötilalla näyttää olevan vain vähän vaikutusta. Ratkaiseva tekijä on lämpöteho, toisin sanoen lämpötilan ja lämmitysajan yhdistelmä, jolle tuote altistuu. Joissain tuotetyypeissä akryyliamidipitoisuuden on havaittu vähenevän varastoinnin aikana. Tämä on havaittu pakatuissa paahdetuissa kahveissa, joissa reaktio on riippuvainen lämpötilasta.

Asparagiini ja sokerit ovat paitsi tärkeitä ja suositeltavia ravintoaineita, joita esiintyy luontaisesti monissa elintarvikkeissa, ne ovat myös oleellisia tekijöitä kasvien kasvun ja kehityksen kannalta. Useimmissa elintarvikkeissa niitä ei voida tarkastella erillisinä, sillä ne ovat osa ravintokasvien erittäin monimutkaista kemiallista koostumusta ja aineenvaihduntaa. Ne ovat yleisiä ravintoaineita, joiden yhdistelmä mahdollistaa Maillard-reaktion toteutumisen ja sitä kautta tietyille tuotteille ominaisen maun, värin ja koostumuksen muodostumisen. Useimmat Maillard-reaktion tuotteista ovat siis erittäin toivottavia ja osa niistä on myös ravitsemukselle ja terveydelle suotuisia.

Kun akryyliamidin muodostumista pyritään vähentämään, on huomioitava, että näiden elintarvikkeiden koostumus on erittäin monimutkainen, minkä vuoksi akryyliamidin muodostumisen erottaminen Maillard-reaktiosta on erittäin vaikeaa.

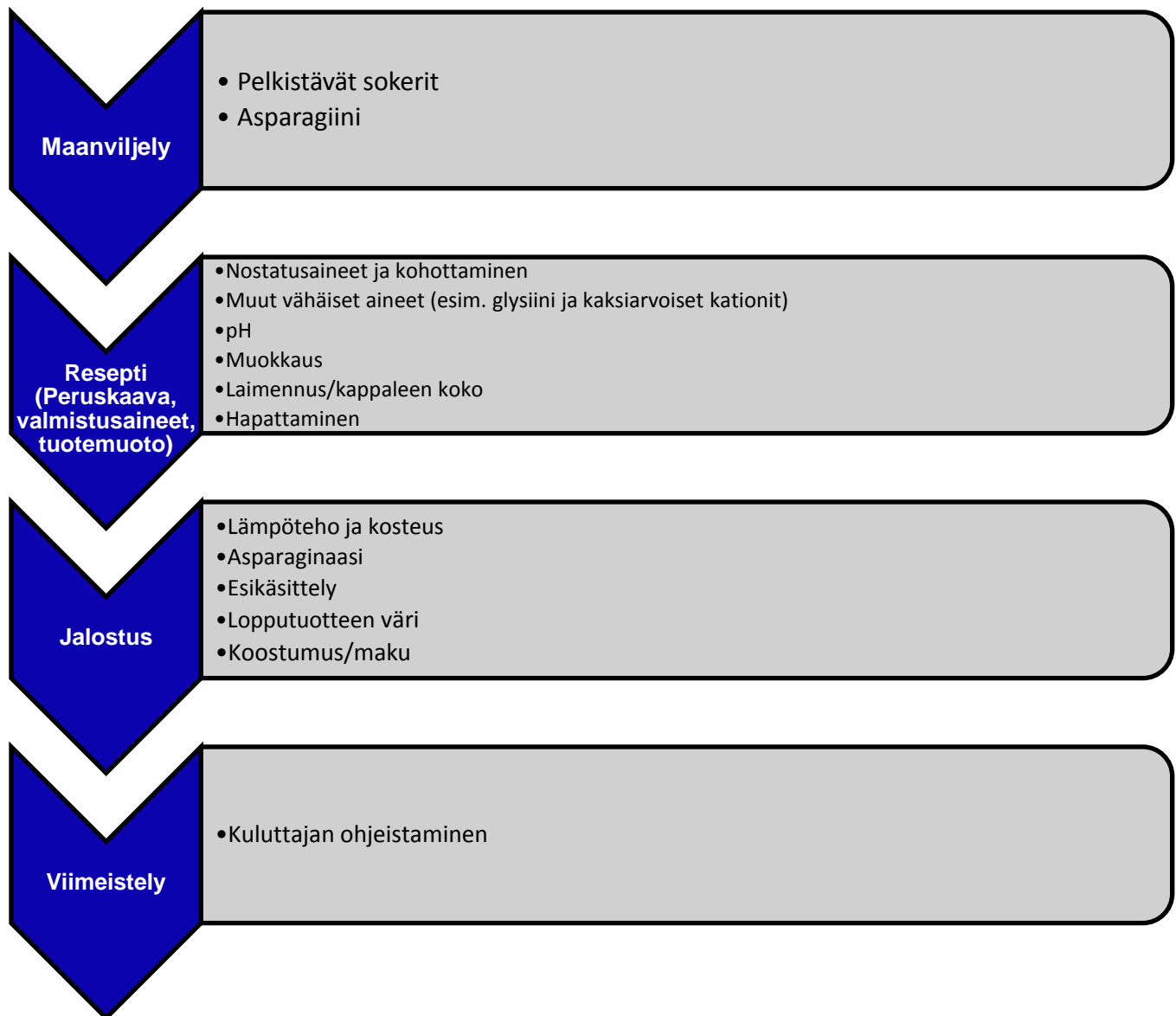
On ehdottoman tärkeää ymmärtää, että akryyliamidin poistaminen elintarvikkeista on miltei mahdotonta. Tästä syystä kussakin tuotteessa muodostuvan akryyliamidin määrää on pyrittävä ensisijaisesti vähentämään. Nykytietämyksen perusteella joissain tuoteryhmissä vähennettävissä oleva akryyliamidin määrä riippuu pitkälti raaka-aineiden luontaisesta vaihtelusta.

Akryyliamidionpa voi tarjota hyödyllisiä suuntaviivoja, mutta sen käytännön täytäntöönpano kotitalouksien ja ravintoloiden ruoanvalmistuksessa edellyttää vielä lisätutkimuksia.

Oppaan muuttujien määrittely ja käyttö

Teollisuuden kehittämiä akryyliamidin vähentämismenetelmiä koskevat yhteenvedot on tarkoitettu vain suuntaa-antaviksi. Tuotereseptien, prosessisuunnittelun ja laitteistojen väliset erot sekä tuotemerkkikohtaiset tuoteominaisuudet on otettava huomioon saman tuoteryhmänkin sisällä.

Opasta laadittaessa on nimetty seuraavat 14 muuttujaa, jotka on ryhmitelty kunkin tuoteryhmän mukaisesti. (Huom. Kaikkia muuttujia ei välttämättä voi soveltaa kaikkiin tuoteryhmiin.)



Akryyliamidioppaassa on määritelty seuraavat pääelintarvikeryhmät ja alaryhmät:

Perunatuotteet

- Napostelutuotteet, jotka on valmistettu (viipaloidusta) perunasta tai perunapohjaisista jalosteista (esim. hiutaleista tai rakeista), sekä ranskanperunat ja muut leikatut(, uppopaistetut) perunatuotteet

Vilja- ja jyvätuotteet

- Leipä
- Näkkileipä
- Aamiaisviljavalmisteen
- Keksit ja leipomotuotteet [CAOBISCON vuonna 2008 julkaisemassa tutkimuksessa määritetty luokitus, johon kuuluvat voileipäkeksit, puolimakeat tuotteet, leivonnaiset, pikkuleivät, vohvelikeksit, kakut ja piparkakut]

Kahvi, paahdetut pavut ja korvikkeet

- Paahdettu ja jauhettu kahvi
- Pikakahvi (veteen liukeneva)
- Kahvin korvikkeet

Vauvanruoat

- Lasten keksit
- Lasten aamiaisviljavalmisteen
- Muut kuin viljapohjaiset vauvanruoat

On kuitenkin syytä korostaa, että **useimmissa tapauksissa elintarvikkeiden akryyliamidipitoisuuden vähentämiseen ei ole yhtä ainoaa ratkaisua** edes saman tuoteryhmän sisällä. Samaa tuotetta samassa tehtaassa tuottavilla eri tuotantolinjoilla voi olla tarpeen soveltaa ehdotettuja menetelmiä eri tavoin. Esimerkiksi lämpötehoa, jolla saadaan aikaan sama tuotelaatu, voidaan muuttaa joko paistamalla tuotetta alemmassa lämpötilassa pidemmän aikaa tai paistamalla hyvin vähän aikaa korkeammassa lämpötilassa. Valinta on tehtävä käytössä olevan tuotantolaitteiston suunnittelun ja joustavuuden sekä toivotun lopullisen tuotteen perusteella. Tähän asiakirjaan sisältyvissä yhteenvedoissa esitellään lisäksi kutakin toimenpidettä koskevan kokemuksen taso, kuten i) kokeiluluontoinen, yleensä laboratoriossa tehty työ, ii) kehitystyö, jossa toimenpidettä on arvioitu pääasiassa kokeiluluontoisen käytön perusteella, sekä iii) kaupalliset sovellukset. Näistä kerrotaan tarkemmin seuraavassa.

- **Kaupallinen sovellus:** Nämä toimenpiteet on arvioitu ja pantu täytäntöön joidenkin valmistajien tehtailla. Muut valmistajat voivat mahdollisesti panna toimenpiteet täytäntöön, mikäli niiden omien valmistusprosessien olosuhteet ja lopputuotteen toivottu lopputulos sallivat sen. Ehdotettujen menetelmien toimivuutta on arvioitu tuotteen koko säilyvyysajan pituudelta. Ehdotettujen toimenpiteiden lainsäädännön mukaisuus on arvioitu

- **Kehitystyö:** Nämä toimenpiteet on arvioitu koetehtaalla tai tehtaalla tehdyissä koekäytöissä ja niillä on jossain määrin saatu aikaan mitattavissa olevia vähennyksiä mutta niitä ei ole vielä sovellettu onnistuneesti kaupallisissa tuotanto-olosuhteissa. Nämä menetelmät voivat aiheuttaa edelleen joitain riskejä tuotteiden erityisominaisuuksille ja/tai pitoisuuksien vähentäminen voi tapahtua epätasaisesti. Olemassa olevien tekniikoiden uudet sovellukset. Maataloudessa käytettävät menetelmät.
- **Tutkimus:** Tämä tarkoittaa, että mainituissa ryhmissä ehdotetun toimenpiteen vaikutuksia on arvioitu vain kokeellisella tasolla. Laatutestejä (kuten aistinvaraisia, säilyvyysajan kattavia tai ravitsemuksellisia vaikutuksia koskevia testejä) ei ole todennäköisesti tehty eikä toimenpiteen lainsäädännön mukaisuutta tai mahdollisia teollisoikeuksia ole arvioitu täysin. Laajamittaista teollista toteutusta ei joko ole vielä tehty tai toteutus on epäonnistunut testatussa yhteydessä. Tämä ei välttämättä tarkoita, etteikö ratkaisu voisi toimia toisessa sovelluskohteessa.

Useimmat näistä menetelmistä on arvioitu vain teollisen elintarvikevalmistuksen olosuhteissa. Niiden soveltuvuus ravintoloiden tai kotitalouksien ruoanvalmistukseen on arvioitava erikseen kypsennysolosuhteiden erilaisuuden vuoksi ja koska ei-teollisissa olosuhteissa standardointi ja prosessien valvonta on tyypillisesti vähäisempää.

Menetelmäkuvausten yhteydessä annetaan viittauksia lähdekirjallisuuteen, sikäli kun kirjallisuutta on saatavilla. Monet yhteenvedot sisältävät kuitenkin myös julkaisematonta tietoa yksittäisiltä elintarvikevalmistajilta ja sektoreilta, jotka osallistuvat FoodDrinkEuropeen koordinoimaan teollisuuden yhteiseen ohjelmaan.

Menetelmien kuvaukset eivät muodosta tyhjentävää luetteloa kaikista vähentämistoimenpiteistä. Teollisuuden ja yliopistomaailman tutkimustyö jatkuu edelleen ja tulee todennäköisesti tuottamaan uusia ohjeita tai parannuksia. FoodDrinkEurope aikoo päivittää akryyliamidipasta jatkuvasti tällaisten muutosten huomioon ottamiseksi.

ALARA

Kirjainsana "ALARA" tulee englanninkielisestä käsitteestä "As Low As Reasonably Achievable".

Tämä tarkoittaa, että elintarvikealan toimijan pitäisi ryhtyä kaikkiin kohtuullisiin toimenpiteisiin alentaakseen tietyn vieraan aineen pitoisuutta lopullisessa tuotteessa ottaen huomioon muut kohtuulliset näkökohdat.

Taatakseen jatkuvan ALARA-periaatteen noudattamisen, toimijan tulee valvoa toteutettujen toimenpiteiden tehokkuutta ja tarkastella niitä uudelleen tarvittaessa.

ALARAN soveltaminen akryyliamidiin

Käsiteltäessä akryyliamidia ja muita prosessissa syntyviä vieraita aineita, joita muodostuu kuumennetuissa elintarvikkeissa luonnollisten kemiallisten reaktioiden tuloksena ja joille lainsäätäjät eivät ole toistaiseksi sopineet "turvalliseksi" katsottuja raja-arvoja, ALARA merkitsee sitä, että elintarvikealan toimijoiden on ryhdyttävä kaikkiin kohtuullisiin (nykytiedon mukaisiin) toimiin vähentääkseen vieraiden aineiden pitoisuutta lopullisessa tuotteessa ja rajoittaakseen siten kuluttajien altistumista niille. ALARA voi esimerkiksi edellyttää, että toimijan on muutettava valmistusprosessin joitain osia tai jopa koko prosessi, mikäli se on teknisesti mahdollista.

FoodDrinkEuropeen oppaassa esitetyt menetelmät ovat mahdollisia menetelmiä, jotka on suunniteltu rajoittamaan akryyliamidin pitoisuutta lopullisessa tuotteessa tuotannon eri vaiheissa (maanviljely, resepti, jalostus ja viimeistely) toteutettavien toimenpiteiden avulla. Ne perustuvat tutkimustietoon ja tietyissä olosuhteissa saatuihin käytännön kokemuksiin.

Tekniikan kehittyessä saataville voi tulla uusia ja parempia menetelmiä akryyliamidin vähentämiseen. Elintarvikealan toimijoiden on tarkasteltava saatavilla olevia menetelmiä säännöllisesti ja arvioitava, onko näitä menetelmiä mahdollista sisällyttää niiden prosesseihin tai tuotteeseen.

Jos toimija päättää olla soveltamatta käytettävissä olevaa menetelmää, sillä on velvollisuus osoittaa, miksi se pitää menetelmän soveltamista kohtuuttomana tai tehottomana.

Tällöin voidaan huomioida muun muassa seuraavat seikat:

- mahdollinen vaikutus, joka tunnetulla akryyliamidipitoisuutta vähentävän menetelmän käytöllä tulee olemaan lopullisen tuotteen akryyliamidipitoisuuksiin
- mahdollinen vaikutus, joka tunnetulla akryyliamidipitoisuutta vähentävän menetelmän käytöllä voi olla muiden prosessissa syntyvien vieraiden aineiden (kuten furaanin) muodostumiseen ja/tai muiden vaarojen (kuten mikrobiologisten vaarojen) hallinnan heikentymiseen
- määritettyjen vähennystoimien täytäntöönpanon toteutettavuus, esimerkiksi lainsäädännön noudattaminen, menetelmän kaupallinen saatavuus, työterveysriskit sekä tehtaan laitteiston uudistamisen aikataulu ja kustannukset.
- vaikutus, joka tunnetulla akryyliamidipitoisuutta vähentävän menetelmän käytöllä tulee olemaan lopullisen tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja muihin laadullisiin tekijöihin sekä tuoteturvallisuuteen (ihanteellisella menetelmällä ei olisi haitallisia vaikutuksia)
- tiettyjen valmistusaineiden tarjoamat tunnetut ravitsemukselliset hyödyt, kuten kokojyväviljan käyttäminen puhdistetun viljan sijaan.

Määritys- ja näytteenottomenetelmät

Monet laboratoriot tarjoavat nykyään tarkkoja ja luotettavia menetelmiä akryyliamidin määrittämiseksi monissa erityyppisissä elintarvikkeissa. Aiemmat ongelmat, jotka liittyivät akryyliamidin erottamiseen joissain elintarvikkeissa, ratkesivat havaittaessa, että korkea pH-arvo voi merkittävästi edistää akryyliamidin erottamista matalaan pH-arvoon verrattuna. Riippumattomat tutkimusryhmät osoittivat kuitenkin, että korkeassa pH:ssa vapautunut "suurempi" akryyliamidimäärä ei johdu analyysin ja elintarvikkeen paremmasta erotettavuudesta, vaan pikemminkin erottamisvirheestä, joka on seurausta toistaiseksi tuntemattomien esiasteiden hajoamisesta äärimmäisissä pH-olosuhteissa. Tämän vuoksi luotettavan määritysmenetelmän valinta on erittäin tärkeää. Alue, johon on syytä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota, on nopeiden, edullisten ja luotettavien testimenetelmien kehittäminen akryyliamidille; erityisesti tarvitaan testimenetelmiä, joita voidaan käyttää tuotanto-olosuhteissa ilman testin käyttöön erikoistunutta henkilökuntaa.

Analyysien tekemisen suurin haaste on tuotteiden suuri vaihtelu. Luontaista vaihtelua esiintyy jo kunkin raaka-aineen sisällä. Esimerkiksi mitä tahansa perunaa voidaan pitää "yksilöllisenä" ja sen voidaan olettaa poikkeavan koostumukseltaan ja myös mahdolliselta akryyliamidipitoisuudeltaan muista perunoista. Pienet erot tuotteen koostumuksessa tai prosessin olosuhteissa, valmistuslaitteiston kapasiteetissa ja jopa tietyn tuotantolinjan sijainnissa lämpötilajakaumalla voivat johtaa merkittäviin eroihin akryyliamidipitoisuuksissa. Pitoisuserot samalla reseptillä ja samalla tuotantolinjalla valmistetun tuotteen eri näytteiden välillä voivat olla moninkertaisia.

Tästä syystä tuotteiden akryyliamidipitoisuuden määrittäminen ja vähentämistoimenpiteiden todellisen vaikutuksen arvioiminen edellyttää asianmukaista näytteenottoa ja tilastollisesti merkittävää määritysmäärää, kun analyysi tehdään tehdasympäristössä.

CEN sai syyskuussa 2010 vahvistuksen siitä, että Euroopan komissio oli hyväksynyt mandaatin M/463 elintarvikkeissa olevien vieraiden aineiden (prosessissa syntyneiden vieraiden aineiden) määritysmenetelmistä ("METHODS OF ANALYSIS FOR FOOD CONTAMINANTS [process contaminants]").

Mandaatti M/463, joka on osoitettu prosessin aikana syntyviä vieraita aineita käsittelevälle komitealle *CEN/TC 175/WG 13*, koskee yhteensä yhdeksän määritysstandardin laatimista, joista kaksi liittyy akryyliamidiin. Määritysstandardit ovat seuraavat:

- akryyliamidin määrittäminen perunatuotteissa, viljatuotteissa ja kahvissa LC-MS:llä (määräaika on 31. joulukuuta 2013)
- akryyliamidin määrittäminen perunatuotteissa, viljatuotteissa ja kahvissa GC-MS:llä (määräaika on 31. joulukuuta 2016).

CEN:n kautta tapahtuvan menetelmien standardoimisen toivotaan pitkällä aikavälillä lisäävän lopullisten tuotteiden akryyliamidipitoisuuden arvioinnin tarkkuutta.

Ennen yhteistyölaboratorion valitsemista on suositeltavaa tarkistaa laboratorion hyväksyntä (ISO/IEC 17025:2005) ja luotettaviksi todetut määritysmenetykset.

Mittausepävarmuus

Vaikka monet laboratoriot pystyvät määrittämään akryyliamidipitoisuuksia, laboratorioden ja maiden väliset osaamiserot on syytä ottaa huomioon. EFSA esimerkiksi totesi vuonna 2009 annetussa tieteellisessä raportissaan, joka käsittelee elintarvikkeiden akryyliamidipitoisuuksien seurannan tuloksia (EFSA Scientific Report (2009) 285: 11), että joihinkin yleisesti käytettyihin määritysmenetyksiin liittyy edelleen merkittävää mittausepävarmuutta Euroopan unionin eri jäsenvaltioiden esittämien tulosten välillä. LC-MS:n raportoitu mittausepävarmuus oli 6–53 prosenttia ja GC-MS:n 0–64 prosenttia. Lisäksi osoitusrajan vähimmäis- ja enimmäisarvot olivat 1–250 µg/kg ja määritysrajan 3–500 µg/kg.

Näin ollen elintarvikealan toimijoita voi tuotteiden luonnollisen vaihtelun lisäksi hämmäntää myös laboratorioden ja maiden välisen vertailukelpoisuuden puuttuminen.

Lainsäädännön noudattaminen

Jokaisen toimenpiteen mahdolliset lainsäädännölliset vaikutukset on arvioitava. Monissa tuotteissa lisäaineiden käyttöä on rajoitettu tiukasti ja reseptiin tehtävät muutokset eivät välttämättä vaikuta ainoastaan ainesosaluetteloon, vaan mahdollisesti myös tuotteen nimeen ja kuvaukseen sekä tulliluokitukseen. Lisäksi on huolehdittava, että prosessin olosuhteet ja laitteisto täyttävät edelleen viralliset vaatimukset. Uusille mahdollisille ainesosille tai jalostuksen apuaineille on hankittava hyväksyntä, jonka yhteydessä on huomioitava muun muassa terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät näkökohdat. Uusien jalostettujen kasvilajikkeiden siemenelle on saatava virallinen hyväksyntä. Kaikki nämä seikat voivat vaikuttaa toimenpiteiden valintaan sekä täytäntöönpanon ja markkinoille saattamisen kestoon.

Asparaginaasientsyymien osalta mainittakoon, että yhtiöt tuottavat nykyään kaupallista elintarvikekäyttöön tarkoitettua entsyymiä. Patentin maailmanlaajuisen lisenssin haltijoina ne voivat myöntää elintarvikkeita valmistaville tai jalostaville yrityksille oikeudet käyttää asparaginaasia elintarvikkeiden valmistusprosesseissa akryyliamidipitoisuuksien vähentämiseksi.

Yhdysvaltojen FDA on myöntänyt molemmille asparaginaasityypeille GRAS-aseman ("Generally Recognized As Safe", pidetään yleisesti turvallisena), kun niitä käytetään käyttötarkoituksen mukaisissa tuotteissa. JECFA arvioi *Aspergillus oryzae* -organismista saatavaa asparaginaasia kesäkuussa 2007 pidetyssä 68. tapaamisessaan. Saatavilla olevan tiedon ja asparaginaasin käytöstä johtuvan ravinnon kautta tapahtuvan altistumisen perusteella JECFA katsoi, että asparaginaasi ei aiheuta vaaraa terveydelle (FAO:n ja WHO:n yhteinen elintarvikelisiä aineita käsittelevä asiantuntijakomitea (JECFA): Report on 68th meeting, Geneve, 19.–28. kesäkuuta 2007). Asparaginaasin elintarvikeliikkeen lainsäädännöllinen salliminen edellyttää kuitenkin selvittämistä sekä kansallisesti että kansainvälisesti.

Asparaginaasin käyttö – määritetyissä käyttöolosuhteissa – on sallittu alla luetelluissa maissa. (Luettelo ei ole tyhjentävä. Se perustuu elintarvikelaajien toimittamiin tietoihin.) On kuitenkin syytä huomata, että luetteloon sisältyy sekä maita, joissa tuotteet on hyväksytty virallisesti, että maita, joissa markkinoille saattamiselle ei ole asetettu lainsäädännöllisiä rajoituksia:

Alankomaat, Angola, Armenia, Australia, Azerbaidžan, Bahrain, Bangladesh, Barbados, Belgia, Benin, Bolivia, Bosnia-Hertsegovina, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Chile, Ecuador, Espanja, Etelä-Afrikka, Etiopia, Färsaaret, Gabon, Georgia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Hongkong, Islanti, Intia, Indonesia, Irlanti, Italia, Itävalta, Jemen, Jordania, Kambodža, Kamerun, Kanada, Kenia, Keski-Afrikan tasavalta, Kiina, Kolumbia, Kongo, Kreikka, Kroatia, Kuuba, Kypros, Laos, Latvia, Libanon, Lesotho, Liberia, Libya, Liettua, Luxembourg, Makedonia, Madagaskar, Malawi, Malta, Meksiko, Mosambik, Myanmar, Namibia, Nepal, Nigeria, Norja, Norsunluurannikko, Oman, Pakistan, Paraguay, Puola, Portugal, Päiväntasaajan Guinea, Qatar, Ranska, Romania, Ruanda, Ruotsi, Saksa, San Marino, Senegal, Singapore, Slovenia, Somalia, Sri Lanka, Suomi, Swazimaa, Syyria, Tansania, Tanska, Togo, Tšekin tasavalta, Tunisia, Uganda, Unkari, Uusi-Seelanti, Vanuatu, Venezuela, Venäjän federaatio, Viro, Yhdistyneet arabiemiirikunnat, Yhdistynyt kuningaskunta, Yhdysvallat, Zambia, Zimbabwe.

Riski-riskitarkastelu ja riski-hyötytarkastelu

Akryyliamidin muodostumisen vähentäminen tekemällä muutoksia tuotteen koostumukseen ja/tai prosessiolosuhteisiin voi vaikuttaa elintarvikkeiden ravitsemukselliseen laatuun (esimerkiksi vähentää ravinteiden biosaatavuutta tai muuttaa tuotteen aromia, makua/maittavuutta tai tuntua) ja turvallisuuteen (esimerkiksi liian suuri mikrobisäilytys, luonnollisten toksieninien hajoaminen tai muiden haitallisten aineiden tahaton muodostuminen). Lisäksi voidaan menettää kypsennyksen aikana muodostuvia hyödyllisiä yhdisteitä, joiden tiedetään edistävän terveyttä, esimerkiksi antioksidantit ja kuumennettujen elintarvikkeiden *in vitro* -antioksidanttikapasiteetti. Lisäksi on huomioitava seuraavat seikat:

- Perunoiden paistaminen alemmassa lämpötilassa vastaavanlaisen lopputuloksen aikaansaamiseksi voi vähentää akryyliamidien muodostumista mutta vaatii pidemmän kypsennysajan ja voi siksi lisätä rasvan imeytymistä (lähde: valmistajat).
- Perunoiden liiallinen kiehattaminen lisää mineraalien ja vitamiinien liukenemistä. Puhdistettujen jauhojen käyttäminen vähentää akryyliamidin muodostumisriskiä mutta ravitsemuksen kannalta on suositeltavampaa käyttää kokojyvätuotteita.
- Ammoniumbikarbonaatin korvaaminen natriumkarbonaatilla auttaa rajoittamaan akryyliamidin muodostumista mutta järjestelmällisesti käytettynä tämä menetelmä nostaa natriumtasoa. Tuoreessa riski-hyötyanalyysissä verrataan lisääntyvän natriumin saannin aiheuttamaa sydän- ja verisuonitautien riskiä akryyliamidille altistumisen aiheuttamaan riskiin. Keksin ja pipareiden akryyliamidipitoisuuden vähentäminen johti vähäiseen natriumin saannin lisääntymiseen. Noin 1,3 prosentilla väestöstä natriumin vuorokausiannos kasvoi alle 40 milligrammasta kiloa kohti yli 40 milligrammaan.

Kukin ehdotettu toimenpide on näin ollen arvioitava riski-riskivertailun tai riski-hyötyvertailun avulla, jotta toimenpiteellä ei luoda aiempaa suurempaa potentiaalista riskiä.

Ehdotettujen toimenpiteiden sopivuutta arvioidessaan elintarvikevalmistajien on huomioitava tuotteidensa todellinen koostumus ja käyttämänsä tuotantolaitteisto sekä tarpeensa tarjota kuluttajille edelleen laadukkaita tuotteita, jotka vastaavat valmistajan tuotekuvaa ja kuluttajien odotuksia.

On syytä huomata, että toimenpiteitä, joilla pyritään vähentämään akryyliamidipitoisuuksia, ei voida eristää muista tekijöistä. Elintarvikkeiden nykyinen kemiallinen ja mikrobiologinen turvallisuus on taattava asianmukaisin toimin. Myös tuotteiden ravitsemuksellisten ominaisuuksien on pysyttävä muuttumattomina samoin kuin aistinvaraisten ominaisuuksien ja kuluttajatytyväisyyden. Tämä tarkoittaa, että kaikki akryyliamidipitoisuuden vähentämiskeinot on arvioitava niiden hyötyjen ja mahdollisten haittojen kannalta. Esimerkki:

- Akryyliamidia koskevia ehkäiseviä toimenpiteitä tarkasteltaessa on tarkistettava, että toimenpiteet eivät lisää muiden prosessin aikana syntyvien vieraiden aineiden pitoisuuksia. Tällaisia aineita ovat muun muassa N-nitrosamiinit, polysykliset aromaattiset hiilivedyt, kloropropanolit, etylikarbamaatti, furaani, heterosykliset aromaattiset amiinit ja aminohappojen pyrolysaatit.
- Akryyliamidipitoisuuksia vähentävät toimenpiteet eivät saa vaarantaa lopullisen tuotteen mikrobiologista vakautta ja turvallisuutta. Erityistä huomiota on kiinnitettävä lopullisen tuotteen kosteussisältöön ja purkitettujen lastenruokien kohdalla siihen, että lämpökäsittely laskee tuotteen mikrobisisällön tehokkaasti hyväksyttävälle tasolle.
- On tiedossa, että akryyliamidipitoisuuden vähentäminen voi heikentää lopullisen tuotteen aistinvaraisia ominaisuuksia. Akryyliamidin muodostuminen on läheisesti sidoksissa kypsennetyille elintarvikkeille ominaisen värin, maun ja aromin muodostumiseen. Kypsennysolosuhteita, raaka-aineita tai muita valmistusaineita koskevien ehdotettujen muutosten arviointi on tehtävä huomioiden lopullisen tuotteen hyväksyttävyys kuluttajan kannalta.
- Akryyliamidipitoisuuksien vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden ei pidä vaarantaa tuotteen ravitsemuksellista laatua, kuten edellä on todettu.
- Mahdollisten uusien lisäaineiden, entsyymien ja apuaineiden, kuten asparaginaasin, käyttö voi edellyttää virallista turvallisuusarviointia, käytännön vaikuttavuuden osoittamista ja lainsäädännöllistä hyväksyntää. Jotkin valmistajat tuottavat asparaginaasia elintarvikekäyttöä varten ja joissain maissa se on hyväksytty apuaineeksi.
- On syytä huomata, että akryyliamidipitoisuudet voivat olla varsin erilaisia esimerkiksi saman tehtaan eri tuotantoerissä tai samoja prosesseja, valmistusaineita tai kaavoja käyttävillä tehtailla.
- Valmistajien on tiedostettava, että saapuvan raaka-aineen sisäinen vaihtelu ja huonosti hallitut kuumennuslaitteet voivat hankaloittaa akryyliamidin vähennystoimenpiteiden testaamista, sillä ne voivat peittää akryyliamidipitoisuuden muutokset.

Muita huomioon otettavia seikkoja

- **Valmistajien erityisolosuhteet:** Kunkin valmistajan on tutkittava, miten ehdotettu toimenpide voidaan toteuttaa sen erityisolosuhteissa erityisesti siirryttäessä laboratoriokokeista tai kokeiluhankkeista rutiinituotantoon, jotta kaupallisessa tuotannossa voidaan saavuttaa vastaavat tulokset.
- **Useiden toimenpiteiden välinen vuorovaikutus:** Monissa tapauksissa voidaan toteuttaa samanaikaisesti useita toimenpiteitä. Nämä erilliset toimenpiteet voivat yhdessä johtaa toivotun vähennysvaikutuksen heikentymiseen. Erityisesti valmistettaessa tuotteita, joiden valmistusresepti on hyvin monimutkainen, kuten keksejä, tietyn toimenpiteen todellisen vaikutuksen ennustaminen on hyvin vaikeaa.

- **Prosessin yhteensopivuus:** Kukin ehdotettu toimenpide on arvioitava myös sen kannalta, miten käyttökelpoinen se on olemassa olevassa tehdasympäristössä ja kuinka hyvin se on sisällytettävissä siihen. Mikäli toimenpide edellyttää esimerkiksi uuden valmistusaineen lisäämistä, on tutkittava, onko tehtaalla tilaa aineen säiliölle. Voi olla syytä tutkia myös, vaikuttavatko muutokset tuotantolinjan nopeuteen ja sitä kautta tehtaan tuotantomäärään ja kilpailukykyyn. Lisäksi voidaan tarkastella, ovatko uudet ainesosat yhteensopivia olemassa olevan laitteiston kanssa; esimerkiksi elintarvikekäyttöön tarkoitetuilla hapoilla voi olla syövyttäviä vaikutuksia.
- **Luonnollinen vaihtelu** Elintarvikkeet perustuvat luonnon raaka-aineisiin, kuten viljoihin, perunoihin ja kahvipapuihin. Niiden koostumus vaihtelee viljelykasvista, korjuukaudesta, ilmasto-oloista, maaperän rakenteesta ja viljelykäytännöistä riippuen. Myös varastointi ja alkujalostus, kuten karkea tai hieno jauhanta, vaikuttavat raaka-aineen ominaisuuksiin. Näitä eroja ja niiden vaikutusta akryyliamidin muodostumiseen tunnetaan toistaiseksi heikosti, minkä vuoksi niitä ei voida hallita luotettavasti. Raaka-aineiden kausittainen ja vuosittainen vaihtelu voi vaikuttaa akryyliamidipitoisuuksiin enemmän kuin mikään toteutettavista toimenpiteistä ja se on otettava huomioon.
- **Prosessin vaihtelu:** Saman valmistajan tuotteiden välillä on huomattavia eroja akryyliamidipitoisuuksissa; erot voivat olla suuria jopa saman tuotevalikoiman sisällä. Tietyn toimenpiteen vaikutuksen arvioimiseksi vertailukelpoisella tavalla on tehtävä riittävä määrä määrytyksiä erityisesti, jos samanaikaisesti tehdään useita muutoksia. Yksi määrytys riittää vain hyvin harvoin toimenpiteen vaikutuksen arvioimiseksi tietyn tuotteen kohdalla.
- **Tuotemerkkikohtainen kuluttajien hyväksyntä:** Jokaisen valmistajan on arvioitava, miten ehdotettu toimenpide vaikuttaa tuotteen tuotemerkkikohtaisiin ominaisuuksiin. Muutettu tuote voi sinällään vaikuttaa hyväksyttävältä mutta se ei välttämättä täytä odotuksia, jotka kuluttaja on asettanut tunnetulle tuotemerkillä. Akryyliamidipitoisuuden vähentäminen voi tästä syystä olla vaikeampaa, kun kyse on kuluttajien jo tuntemasta tuotteesta kuin vasta kehitteillä olevasta tuotteesta.

Lyhenteet

AA: akryyliamidi

ALARA: As Low As Reasonably Achievable (niin vähän kuin kohtuullisesti mahdollista)

Asn: Asparagiini

BBSRC: Biotechnology and Biological Sciences Research Council (Yhdistyneen kuningaskunnan bioteknologiaa ja biotieteiden tutkimusta käsittelevä neuvosto)

BLL: Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V. (Saksan elintarvike- ja juomavalmistajien yhdistys)

CAOBISCO: Association of the Chocolate, Biscuits and Confectionery Industries of the EU, EU:n suklaa-, keksi- ja makeisteollisuuden yhdistys. Tietoja koulutuksesta ja muista alakohtaisista toimista on osoitteessa: <http://caobisco.eu/>

CEEREAL: European Breakfast Cereal Association (Euroopan aamiaisiviljayhdistys). Tietoja koulutuksesta ja muista alakohtaisista toimista on osoitteessa: <http://www.ceereal.eu/asp2/welcome.asp>

FOODDRINKEUROPE: Euroopan elintarvike- ja juomateollisuuden keskusliitto

CCCF: Codex Committee on Contaminants in Foods, Codexin elintarvikelisäaine- ja vierasainekomitea

CEN: Comité Européen de Normalisation, Euroopan standardointikomitea

Codex: Codex Alimentarius -komissio

KOM: Euroopan Unionin komissio

ECF: European Coffee Federation (Euroopan kahviteollisuuden yhdistys). Tietoja koulutuksesta ja muista alakohtaisista toimista on osoitteessa: <http://www.ecf-coffee.org/>

ESA: European Snack Association (Euroopan napostelutuoteteollisuuden yhdistys). Tietoja koulutuksesta ja muista alakohtaisista toimista on osoitteessa: <http://www.esa.org.uk/>

EFSA: European Food Safety Authority, Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen

EUPPA: European Potato Processors' Association (Euroopan perunanjalostusteollisuuden yhdistys). Tietoja koulutuksesta ja muista alakohtaisista toimista on osoitteessa: <http://www.euppa.eu/en/>

FDA: Food and Drug Administration (Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevalvontavirasto)

FEI: Saksan elintarviketeollisuuden tutkimusyhdistys

GC-MS: Gas Chromatography-Mass Spectrometry, kaasukromatografi + massaspektrometri

Gln: Glutamiini

GMA: Grocery Manufacturers Association (Yhdysvaltain elintarviketeollisuuden yhdistys)

GRAS: Generally Regarded as Safe, pidetään yleisesti turvallisena

ISO: International Organization for Standardization, Kansainvälinen standardoimisjärjestö

JECFA: Joint FAO/WHO Committee on Food Additives, FAO:n ja WHO:n yhteinen elintarvikelisäaineita käsittelevä asiantuntijakomitea

LC-MS: Liquid Chromatography-Mass Spectrometry, nestekromatografia ja massaspektrometria

LINK: Yhdistyneessä kuningaskunnassa toimiva valtion ja teollisuuden yhteisrahoittama hanke innovatiivisen ja teollisuuden kannalta hyödyllisen tutkimuksen edistämiseksi

LOD: Limit of Determination, osoitusraja

LOQ: Limit of Quantification, määräysraja

SCF: Scientific Committee on Food, Elintarvikealan tiedekomitea (EU)

Pk-yritykset: Pienet ja keskisuuret yritykset

WHO: World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

Perunapohjaiset napostelutuotteet

Napostelutuotteet, jotka on valmistettu perunasta viipaloimalla ja uppopaistamalla tai perunapohjaisista valmistusaineista (esim. hiutaleista, rakeista)

1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit

Yleisiä huomioita

Pelkistävät sokerit ovat yksi tärkeimpiä reagoivia aineita AA:n muodostumisessa. Perunan mukulan sokerisisältö korreloi hyvin tuotteen AA-pitoisuuden kanssa erityisesti, jos fruktoosin ja asparagiinin välinen suhde on < 2 . Pelkistävien sokerien pitoisuutta pidetään yleensä luotettavana merkinä saman perunalajikkeen eri mukulaerien AA-muodostuspotentialista.

Kaupallinen sovellus	<ul style="list-style-type: none"> • Pelkistävien sokerien määrän vähentäminen on osa tavanomaisia valmistuskäytäntöjä • Perunoiden säilytyslämpötilan valvonta on todettu hyväksi käytännöksi • Varastoinnin aikana itämisenestokäsittely estää tärkkelyksen muuttumisen sokeriksi • Näitä toimenpiteitä käytetään alalla yleisesti 	<p>Pelkistävien sokerien rajoittaminen on tällä hetkellä tärkein alalla käytetty toimenpide perunapohjaisten napostelutuotteiden AA-pitoisuuden vähentämiseksi. Pelkistäviä sokereita rajoitetaan seuraavin tavoin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valitaan perunalajikkeita, joissa pelkistävien sokerien pitoisuus on matala ja jotka soveltuvat halutun tuotetyypin valmistamiseen. • Pelkistävien sokerien korkeiden pitoisuuksien riskiä rajoitetaan kasvattamalla vähäsokerisia lajikkeita, jotka soveltuvat parhaiten paikallisiin olosuhteisiin, valitsemalla sopivat viljelypellot ja noudattamalla maatalouden parhaita käytäntöjä. • Varmistetaan, että mukulat ovat korjuuhetkellä kypsiä (pelkistävien sokerien pitoisuus on yleensä korkeampi kypsymättömissä mukuloissa). • Valitaan erät pelkistävien sokerien pitoisuuden perusteella (perunalastuteollisuus) tai uppopaistetun näytteen väriarvioinnin perusteella (perunalastuteollisuus/ranskanperunateollisuus) – pelkistävien sokerien pitoisuuden ja värin välillä on hyvä korrelaatio. • Säilytysolosuhteita valvotaan maatilalta tehtaalle asti (esim. lämpötila $>6^{\circ}\text{C}$ on todettu hyväksi käytännöksi pitkäaikaisessa varastoinnissa, itämisenestokäsittely esimerkiksi klorprofaamilla (CIPC) lainsäädäntöä ja hyviä maatalouskäytäntöjä noudattaen, palautuminen korkeammassa lämpötilassa (esim. huoneenlämmössä) parin viikon ajan). • Kullekin lajikkeelle suositeltua enimmäisvarastointiaikaa ei pidä ylittää. • Perunapohjaiset valmistusaineet (hiutaleet tai rakeet) valitaan niin, että saadaan matalin mahdollinen pelkistävien sokerien pitoisuus, joka tuottaa halutut tuoteominaisuudet.
----------------------	--	--

Tulevaisuuden mahdollisuuksia

Jalostetaan uusia perunalajikkeita, joissa pelkistävien sokerien pitoisuus on matalampi ja/tai joissa tärkkelyksen muuttuminen sokeriksi matalassa lämpötilassa on vähäisempää. Kehitetään viljelykäytäntöjä edelleen pelkistävien sokerien ja asparagiinin (Asn) vähentämiseksi. Typpilannoitteiden käyttö näyttää vaikuttavan pelkistävien sokerien pitoisuuteen perunamukuloissa; kun pellon typpilannoittamista vähennetään, pelkistävien sokerien pitoisuus kasvaa (60–100 %).

2. Maanviljely: Asparagiini

Kehitystyö	Viljalajikkeet valitaan tyyppillisen vapaan Asn:n ja kaikkien vapaiden aminohappojen välisen suhteen perusteella	Viimeaikaisten tutkimusten perusteella viljelykäytännöllä, kuten lannoitteiden käytöllä, voi olla vaikutusta perunoiden aminohapposuhteisiin. Rikin puute voi muuttaa mukulassa olevan vapaan Asn:n ja kaikkien vapaiden aminohappojen välistä suhdetta, ja tutkimusten mukaan tämä suhde voi vaikuttaa AA:n muodostumiseen perunoissa enemmän kuin aiemmin on oletettu; tämä koskee erityisesti Asn:n ja Gln:n välistä suhdetta. Toistaiseksi ei ole määritetty ihanteellista perunan aminohapposuhdetta.
-------------------	--	--

Tutkimus	<p>Mukuloiden Asn-pitoisuuden hallinta</p> <p>Viljelykäytännöt, esim. lannoitteiden käyttö</p> <p>Laboratorio- ja kenttätutkimukset uusilla perunalajikkeilla</p>	<p>Asn, joka on kasvin kehityksen kannalta tärkeä aminohappo, on toinen AA:n muodostumisessa keskeinen reagoiva aine. Perunoissa Asn on runsaimpina esiintyvä vapaa aminohappo; tyypillisesti sen osuus on 0,2–4 prosenttia kuivapainosta ja 20–60 prosenttia kaikista vapaista aminohapoista. Asn-pitoisuudet eivät korreloi pelkistävien sokerien pitoisuuksien kanssa. Perunassa mitattu pelkistävien sokerien pitoisuus ei ole aina suoraan verrannollinen uppoaistetuissa perunatuotteissa todettuun AA-pitoisuuteen. Vapaan Asn:n pitoisuus ja vapaan Asn:n suhde muihin vapaisiin aminohappoihin, joista selvästi yleisin on glutamiini, olisi myös otettava huomioon. Ne voivat olla parempia indikaattoreita eri perunalajikkeiden AA-riskille.</p> <p>Toistaiseksi perunoiden Asn-pitoisuuden vähentämiseen ei ole keinoja. Mahdollisia, parhaillaan tutkittavia keinoja ovat muun muassa seuraavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vähemmän Asn:aa sisältävien lajikkeiden jalostaminen • Varastoinnin vaikutus vapaan Asn:n pitoisuuksiin • Viljelykäytäntöjen (kuten lannoitteiden käytön) vaikutus Asn-/aminohappopitoisuuksiin <p>Rikin vaikutuksesta perunoihin ei ole varmaa tietoa, joten rikkilannoitusta koskevien ohjeiden antaminen viljelijöille olisi tähänastisen tutkimustiedon perusteella liian aikaista.</p> <p>Muiden aminohappojen suhteen kasvattaminen Asn:aan nähden johtaa Maillardin reaktion aikana reagoivien aineiden kilpailuun, mikä voi mahdollisesti vaikuttaa Maillardin prosessin aikana muodostuneen AA:n määrään.</p> <p>Uusissa perunalajikkeissa, joiden mukuloiden Asn-syntaasigeenit on vaiennettu, on jopa 20 kertaa vähemmän vapaata Asn:aa. Tällaisista mukuloista lämpökäsitellyillä tuotteilla on tavanomaisia tuotteita vastaavat aistinvaraiset ominaisuudet ja oletettavasti huomattavasti pienemmät AA-pitoisuudet. Nämä havainnot perustuvat laboratorioskokeisiin.</p> <p>Yhdysvalloissa tehtyjen kenttäkokeiden perusteella uusissa perunalajikkeissa, joiden mukuloiden Asn-syntaasigeenit on vaiennettu, on 5 kertaa vähemmän vapaata Asn:aa. Tällaisista mukuloista lämpökäsitellyillä tuotteilla on tavanomaisia tuotteita vastaavat aistinvaraiset ominaisuudet ja oletettavasti huomattavasti (50–75 prosenttia) pienemmät AA-pitoisuudet. Tämän asiakirjan laatimishetkellä tällaisia perunoita ei ole vielä hyväksytty kaupalliseen tuotantoon EU:ssa tai Yhdysvalloissa, joten niiden lainsäädännöllinen asema on tarkistettava.</p>
-----------------	---	---

3. Resepti: Muut vähäiset aineet (aminohapot, kalsiumsuolat ja muut raaka-aineet)

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kaupallinen sovellus</p>	<p>Jotkin vähäiset tai muut raaka-aineet voivat sisältää verrattain suuria AA-pitoisuuksia, jotka voivat vaikuttaa pitoisuuksiin lopullisessa tuotteessa</p>	<p>Muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Muut raaka-aineet Joidenkin vähäisten valmistusaineiden valmistukseen liittyvät tekniikat voivat nostaa valmistusaineen AA-pitoisuuden korkeaksi. Tällaisia valmistusaineita ovat esimerkiksi esijalostetut viljat, jalostetut sokerit, kuten melassi, ja jotkin jalostetut mausteet/aromiaineet. Nämä aineet saattavat nostaa lopullisen tuotteen AA-pitoisuutta.</p> <p>Oheisaineiden lisääminen yhdistelmätuotteeseen, kuten esijalostettuun viljaan, kasviksiin, pähkinöihin tai siemeniin, voi aiheuttaa vaikutuksia, mikäli aineet tällöin "kypsennetään" useita kertoja. Tämä on otettava huomioon tuotesuunnittelussa ja jalostuskäytännöissä sekä jalostuslaitteistoon ja tehokkuuteen liittyvissä ongelmissa.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kehitystyö</p>	<p>Aminohappojen ja kalsiumsuolojen lisääminen voi vaikuttaa tärkeisiin tuoteominaisuuksiin</p>	<p>Muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Aminohapot</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kokeissa, joissa perunapohjaisten napostelutuotteiden AA-pitoisuutta on saatu laskettua lisäämällä aminohappoja, lisäys voi aiheuttaa tuotteen liiallista tummumista ja karvasta sivumakua. • Pienemmällä aminohappolisäyksellä AA-pitoisuus voidaan saada laskemaan ilman, että tuotteen väri tummuu liikaa. • Muut aminohapot voivat kilpailla Asn:n kanssa ja vähentää siten AA:n muodostumista tai ne voivat reagoida AA:n kanssa kemiallisesti esimerkiksi Michael-addition kautta. Asn:n vähentäminen muiden aminohappojen eduksi voi auttaa vähentämään AA:n muodostumista. <p>Kalsiumsuolat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perunahiutaleiden käsitteleminen kalsiumsuoloilla niiden tuotannon aikana on johtanut 30–40 prosentin vähennyksiin riippuen tuotteen suunnittelusta ja muotoilusta riippuen. Liiallinen käyttö voi kuitenkin aiheuttaa ei-toivottuja tuoteominaisuuksia.

4. Resepti: pH

Kaupallinen sovellus	<p>Happojen ja niiden suolojen käyttö on osoittautunut joidenkin tuotteiden kohdalla tehokkaaksi keinoksi teollisessa käytössä</p>	<p>Muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Happojen lisääminen Sitruuna- tai askorbiinihapon lisäämisen on todettu vähentävän AA-pitoisuutta ja sitä käytetään teollisesti joissain muotoon valmistetuissa perunapohjaisissa tuotteissa. Happojen lisääminen tuo kuitenkin joihinkin tuotteisiin voimakkaita sivumakuja. Makumuutoksia ei todettu muissa tapauksissa. Toimenpiteen soveltuvuus vaihtelee paljon tuotteen suunnittelun mukaan.</p> <p>Tutkimukset ovat osoittaneet, että happojen vaikutus riippuu tuotteen suunnittelusta ja että niiden käyttö voi aiheuttaa laatuongelmia, ellei sitä valvota tarkasti.</p>
Tutkimus	<p>Maun muodostumista voidaan tasapainottaa käyttämällä samanaikaisesti happoa ja glysiiniä</p>	<p>Happamuudensäätöaineet yhdessä glysiinin kanssa Perunapaistosmallissa sitruunahapon ja glysiinin samanaikainen käyttö (kummankin osuus reseptistä oli 0,39 prosenttia) vähensi AA-pitoisuutta enemmän kuin kumpikaan aine yksinään. Sitruunahappo estää joidenkin makujen muodostumista ja glysiini vastaavasti kompensoi tätä edistämällä eräiden haihtuvien aineiden muodostumista.</p>

5. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko

Kaupallinen sovellus	<p>Osittainen korvaaminen vähemmän keskeisiä reagoivia aineita sisältävillä valmistusaineilla voi olla tehokasta</p>	<p>Joissain esimuotoilluissa/ennallistetuissa tuotteissa/ muotoon valmistetuissa perunapohjaisissa tuotteissa perunapohjaisten aineiden osittainen korvaaminen valmistusaineilla, jotka sisältävät vähemmän keskeisiä reagoivia aineita, vähentää AA:n muodostumispotentiaalia. Reseptissä voidaan esimerkiksi käyttää viljoja, joiden Asn-pitoisuus on pienempi kuin perunalla, kuten vehnää, riisiä tai maissia.</p>
Kaupallinen sovellus	<p>Paksumpien viipaleiden tai kappaleiden käyttäminen voi vähentää AA-pitoisuutta pinta-alan ja tilavuuden välisen suhteen muuttuessa, kun otetaan huomioon lopullisen tuotteen kosteus ja paistolämpötila</p>	<p>Tuotteissa, jotka paistetaan alhaiseen kosteustilaan, pinta-alan ja tilavuuden välisen suhteen pienentäminen (tuottamalla paksummaksi leikattuja perunalastuja) voi lisätä AA-pitoisuutta, sillä saman kosteustuloksen saavuttaminen edellyttää samalla paistoajalla suurempaa lämpötehoa tai samalla lämpötehollla pidempää paistoaikaa. Ohueksi leikatun perunalastun paistaminen samaan kosteuteen vaatisi vähemmän lämpötehoa samassa paistoajassa, jolloin AA:n muodostuminen olisi vähäisempää.</p>

6. Resepti: Fermentointi

Tutkimus	<p>Fermentointi voi vähentää AA-pitoisuutta</p>	<p>Muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Fermentointi vähentää AA:n muodostumisen kannalta keskeisten reagoivien aineiden pitoisuutta ja alentaa pH:ta. Perunoita on ehdotettu käsiteltäviksi <i>Lactobacillus</i>-bakteereilla. Tämä vaihtoehto ei kuitenkaan sovellu käytettäväksi nykyisten prosessien ja laitteiden kanssa.</p>
-----------------	---	--

7. Jalostus: Asparaginaasi

Kaupallinen sovellus	<p>Asparaginaasi voi vähentää ennallistettujen taikinapohjaisten tuotteiden AA-pitoisuutta mutta joissain resepteissä voi muodostua sivumakuja</p>	<p>Muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Asparaginaasi vähentää muotoon valmistettujen perunapohjaisten tuotteiden AA-pitoisuutta merkittävästi. Kaupallisessa tuotannossa entsyymin tehokkuus riippuu reseptistä ja prosessista ja sen onnistuminen edellyttää reaktio-olosuhteiden ja kontaktiajan tarkkaa hallintaa. Joissain resepteissä perunoiden sisältämä liiallinen Asn voi johtaa sivutuotteiden (asparagiinihapon ja ammoniakkin) syntymiseen, ja muodostuessaan riittävästi ne voivat antaa tuotteelle sivumaun.</p>
Tutkimus	<p>Asparaginaasi voi vähentää AA-pitoisuutta optimoiduissa laboratorio-olosuhteissa, jotka kuitenkin eroavat huomattavasti teollisista olosuhteista</p>	<p>Perunalastut</p> <p>Raakojen perunaviipaleiden käsitteleminen asparaginaasilla on todettu hyödyttömäksi kokeilu- ja tuotanto-olosuhteissa. Tämä johtuu siitä, että entsyymi ei voi imeytyä perunan viipaleisiin ja soluseinämien läpi riittävästi vaikuttaakseen Asn:iin. Ohuiden perunaviipaleiden pitkäkestoinen upottaminen tai esikäsitely asparaginaasilla saa viipalerakenteen hajoamaan.</p>

8. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus

Yleisiä huomioita

Kosteussisältö vaikuttaa merkittävästi ruskistumisen ja AA:n muodostumisen aktivointienergiaan. Kun kosteussisältö on vähäinen, AA:n muodostumisen aktivointienergia on suurempi kuin ruskistumisen aktivointienergia. Tämän vuoksi paistoprosessin loppuvaihe on ratkaisevan tärkeä ja sitä on hallittava tarkasti matalammassa tuotelämpötilassa värin kehittymisen optimoimiseksi ja AA:n muodostumisen vähentämiseksi.

Ranskanperunoiden kohdalla esipaistetun perunatuotteen lopullisen paistamisen tai (uuni)kypsentämisen tekee ammattiloppukäyttäjät tai kotiloissa kuluttajat (katso ohjeet kohdasta "Viimeistely").

Kaupallinen sovellus	<p>Lämpöteho vaikuttaa AA:n muodostumiseen lopullisessa tuotteessa</p> <p>Kosteuden hallitseminen auttaa hallitsemaan kypsennyksen valvontaa Ranskanperunoiden valmistuksessa viimeistelyolosuhteilla on ratkaiseva merkitys</p>	<p>Perunalastut ja muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Tuotteen ominaisuuksiin ei vaikuta yksin lämpötila, vaan pikemminkin lämpöteho. Huomioon on otettava lämpötila ja paistoajat sekä prosessissa käytetty laitteisto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lämpöteho voidaan optimoida AA:n hallitsemiseksi erilaisin ratkaisuin, joita on pantu täytäntöön käytössä olevan prosessilaitteiston rinnalla. • Vakuumpistaaminen on vaihtoehtoinen lämpötehon hallintajärjestelmä, mutta se ei ole vielä laajasti käytettävissä ja sen läpikulkevan aineen määrä on rajoitettu. Lisäksi vakuumpistaaminen ei välttämättä tarjoa toivottuja tuoteominaisuuksia Maillard-yhdisteiden vähäisen muodostumisen vuoksi. • Valmistajat, jotka paistavat tuotteita nopeasti korkeassa lämpötilassa, voivat vähentää AA:n muodostumista jäähdyttämällä tuotteet nopeasti. • Paistetun tuotteen kosteuspitoisuus on ehdoton edellytys kypsennyksen valvonnan teolliselle toteutukselle. Tästä syystä paistamisessa on tärkeää pyrkiä tuotteeseen, jonka kosteussisältö on niin suuri kuin hyväksyttävällä tuotteella voi olla.
-----------------------------	--	--

Muita huomioon otettavia seikkoja

Paistolämpötilan laskeminen lopullisen tuotteen rasvapitoisuuteen (jos syöttöpaistolämpötilaa lasketaan noin 5°C suunnitellusta, tuotteen rasvapitoisuus kasvaa, kun tuote paistetaan yhtä tummaksi). Riittämättömän kypsennyksen vuoksi liian korkea kosteuspitoisuus voi vaikuttaa tuotteen laatuun, säilyvyyteen ja/tai mikrobiologisiin haittoihin.

9. Jalostus: Esikäsittely (esimerkiksi pesu, kiehattaminen ja kaksiarvoiset kationit)

Kaupallinen sovellus	<p>Perunaviipaleiden tai -palojen kiehattaminen ennen jalostusta</p>	<p>Perunatikut – Kokonaisista perunoista viipaloimalla valmistettujen perunatikujen kaltaisten tuotteiden sokeripitoisuuden alentaminen kiehattamalla vähentää todistetusti AA-pitoisuutta ilman makuun, koostumukseen ja rasvapitoisuuteen liittyviä kielteisiä vaikutuksia, joita on käsitelty perunalastujen yhteydessä.</p>
Kehitystyö	<p>Perunoiden kuoriminen ja peseminen ennen jalostusta</p> <p>Perunalohkojen kiehattaminen ennen hiutaleiden tai rakeiden valmistusta ja perunaviipaleiden kiehattaminen</p> <p>Kaksi- ja kolmiarvoisten kationien lisäämisen on ehdotettu vähentävän AA:n muodostumista</p>	<p>Perunalastut ja muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Pelkistäviä sokereita esiintyy joillain perunalajikkeilla ja erityisesti pitkään varastoiduilla perunoilla usein enemmän kuorikerroksessa. Tästä syystä kuoriminen voi olla näissä tapauksissa hyödyksi. Kuorimisen vaikutus AA-pitoisuuteen riippuu kuitenkin paljon perunalajikkeesta ja vuodenaajasta.</p> <p>Kiehattaminen voi olla hyödyksi perunajauhon, -hiutaleiden ja -rakeiden valmistuksessa. Viipaloitujen perunalastujen kiehattaminen ei ole toivottavaa, sillä se johtaa maun ja koostumuksen heikkenemiseen sekä rasvasisällön kasvamiseen viipaleiden pinnassa olevien solujen repeytymisen vuoksi. Tästä syystä sitä ei suositella AA-pitoisuuden vähennyskeinoksi.</p> <p>Kalsiumsuolat</p> <p>Kaksi- ja kolmiarvoisten kationien lisäämisen on ehdotettu vähentävän AA:n muodostumista monissa perunatuotteissa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kalsiumsuolojen on todettu laboratorikokeissa vähentävän perunalastujen AA-pitoisuutta ilman, että vaikutuksen voi katsoa johtuvan pH:n laskusta. Laboratoriossa tehty aistinvaraisissa testeissä tuotteen hyväksyttävyyttä katsottiin hyväksi, mutta teollisissa kokeiluissa kalsiumin on havaittu aiheuttavan kitkerää sivumakua ja rakenteen haurastumista. Nämä tulokset on vahvistettava testaamalla samaan kosteuspitoisuuteen paistettuja tuotteita. • Kalsiumsuolojen (kalsiumlaktaatin ja kalsiumkloridin) käyttö ranskanperunateollisuudessa vaikutti lupaavalta laboratorio-oloissa. Teollisessa tuotannossa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota koostumuksen säilymiseen, jottei tuotteesta tule liian kova, sekä kitkerän sivumaun välttämiseen. Lisäksi on huomattava, että kalsium ei sovi yhteen dinatriumdifosfaatin kanssa, jota käytetään yleisesti harmaan värin ehkäisemiseksi. • Magnesiumkloridin käyttö aiheutti voimakkaita sivumakuja.

Tutkimus	<p>Perunalastut: vaihtelevia tuloksia pesemisestä tai pH:n hallinnasta</p>	<p>Keskeisten reagoivien aineiden hallitsemiseksi on toteutettu useita ratkaisuja vaihtelevin tuloksin riippuen käytössä olevasta jalostuslaitteistosta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viipaleiden peseminen • pH:n hallinta <p>AA-pitoisuutta on onnistuttu laskemaan jonkin verran laboratorionkokeissa, joissa perunaviipaleet on upotettu eri aminohappoja sisältäviin liuoksiin; vaikutukset AA-pitoisuuteen ovat olleet vaihtelevia.</p>
-----------------	--	---

10. Jalostus: Lopputuotteen väri

Kaupallinen sovellus	<p>Tuotantolinjalla tehtävä optinen lajittelu voi olla tehokas keino liian tummien tuotteiden poistamiseksi</p> <p>Lopputuotteen väri</p>	<p>Perunalastut ja muotoon valmistetut perunapohjaiset tuotteet</p> <p>Väriiltään tummien perunalastujen/tuotteiden poistaminen tuotantolinjalla tapahtuvan optisen lajittelun avulla on osoittautunut tehokkaaksi keinoksi vähentää AA-pitoisuutta. Tummat perunalastut ovat peräisin yksittäisistä perunoista, joissa on paljon pelkistäviä sokereita, ja ne voivat nostaa tuotenäytteen AA-pitoisuutta 25–50 prosenttia riippuen näytteessä olevien tummien perunalastujen/tuotteiden määrästä</p> <p>Ohuiden kappaleiden poistamisen paistorasvasta pitäisi olla osa hyviä tuotantokäytäntöjä, jotta pakkaukseen ei joutuisi liian tummaksi paistettuja kappaleita. Joidenkin tietojen mukaan kuluttajat eivät pidä hyvin vaaleista perunalastuista. Kuluttajat voisivat pitää vaaleampia perunalastuja hyväksyttävänä, jos muut aistinvaraiset ominaisuudet, kuten maku ja koostumus, pystytään hallitsemaan. Perunalastujen vaaleutta voidaan kompensoida lisäämällä niihin paistamisen jälkeen esimerkiksi paprikaa tai muita aineita.</p>
Tutkimus	<p>Reaaliaikainen tai lähes reaaliaikainen värin mittaus</p>	<p>Lopputuotteen värin jatkuva mittaaminen voi olla (mikäli kalibrointi on tehty oikein) luotettava tapa ennustaa lopputuotteen AA-pitoisuutta. Käytännössä AA-pitoisuuden mittaamiseen värin perusteella liittyy monia epävarmuustekijöitä eikä vähiten siitä syystä, että AA itsessään on väritöntä. AA-pitoisuuden päättelemisen värin perusteella olisi Maillard-reaktion väli-tai sivutuote, toisin sanoen värin muodostuminen ei välttämättä korreloi yhtä hyvin kaikilla tuotetyypeillä</p>

Muita huomioon otettavia seikkoja

Valmistajien pitäisi toteuttaa tavanomaisen laadunvalvonnan yhteydessä valvontaa, joka voi vaikuttaa välillisesti lopullisen tuotteen AA-pitoisuuteen; esimerkiksi öljyn laatua on seurattava optimaalisen paistolämpötilan säilyttämiseksi.

Koostumuksen ja maun muuttaminen eivät sovellu suoraan AA-pitoisuuden vähentämiseen, vaan niihin vaikuttavat muut toimenpiteet.

Ranskanperunat ja muut paloitetut (ja uppopaistetut) perunatuotteet

1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit

Yleisiä huomioita

Pelkistävät sokerit ovat yksi tärkeimpiä reagoivia aineita AA:n muodostumisessa. Mukulan sokerisisältö korreloi hyvin tuotteen AA-pitoisuuden kanssa erityisesti, jos fruktoosin ja Asn:n välinen suhde on <2.

Pelkistävien sokerien pitoisuutta pidetään yleensä luotettavana merkinä saman perunalajikkeen eri mukulaerien AA-muodostuspotentialista.

Kaupallinen sovellus	<p>Pelkistävien sokerien määrän vähentäminen on osa tavanomaisia tuotantotapoja</p> <p>Mukuloiden säilytyslämpötilan valvonta on todettu hyväksi käytännöksi</p> <p>Varastoinnin aikana itämisenestokäsittely estää tärkkelyksen muuttumisen sokeriksi</p> <p>Näitä toimenpiteitä käytetään alalla yleisesti</p>	<p>Pelkistävien sokerien rajoittaminen on tällä hetkellä tärkein alalla käytetty toimenpide ranskanperunoiden AA-pitoisuuden vähentämiseksi. Pelkistäviä sokereita rajoitetaan seuraavin tavoin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valitaan perunalajikkeita, joissa pelkistävien sokerien pitoisuus on matala ja jotka soveltuvat halutun tuotetyypin valmistamiseen. Pelkistävien sokerien korkeiden pitoisuuksien riskiä rajoitetaan kasvattamalla vähäsokerisia lajikkeita, jotka soveltuvat parhaiten paikallisiin olosuhteisiin, valitsemalla sopivat viljelypellot ja noudattamalla maatalouden parhaita käytäntöjä. • Varmistetaan, että mukulat ovat korjuuhetkellä kypsiä (pelkistävien sokerien pitoisuus on yleensä korkeampi kypsymättömissä mukuloissa). • Valitaan erät uppopaistetun näytteen väriarvioinnin perusteella, sillä pelkistävien sokerien pitoisuuden ja värin välillä on hyvä korrelaatio. • Säilytysolosuhteita valvotaan maatilalta tehtaalle asti (esim. lämpötila 6–8°C on todettu hyväksi käytännöksi pitkäaikaisessa varastoinnissa, itämisenestokäsittely esimerkiksi klorprofaamilla (CIPC) lainsäädäntöä ja hyviä maatalouskäytäntöjä noudattaen, palautuminen korkeammassa lämpötilassa (esim. huoneenlämmössä) parin viikon ajan ennen toimittamista). • Kullekin lajikkeelle suositeltua enimmäisvarastointiaikaa ei pidä ylittää.
-----------------------------	--	---

Muita näkökohtia

Jalostetaan uusia perunalajikkeita, joissa pelkistävien sokerien pitoisuus on matalampi ja/tai joissa tärkkelyksen muuttuminen sokeriksi matalassa lämpötilassa on vähäisempää. Kehitetään viljelykäytäntöjä edelleen pelkistävien sokerien ja asparagiinin (Asn) vähentämiseksi. Typpilannoitteiden käyttö näyttää vaikuttavan pelkistävien sokerien pitoisuuteen perunamukuloissa; kun pellon typpilannoittamista vähennetään, pelkistävien sokerien pitoisuus kasvaa (60–100 %).

2. Maanviljely: Asparagiini (Asn)

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kehitystyö</p>	<p>Viljalajikkeet valitaan tyypillisen vapaan Asn:n ja kaikkien vapaiden aminohappojen välisen suhteen perusteella</p>	<p>Viimeaikaisten tutkimusten perusteella viljelykäytännöillä, kuten lannoitteiden käytöllä, voi olla vaikutusta perunoiden aminohapposuhteisiin. Rikin puute voi muuttaa mukulassa olevan vapaan Asn:n ja kaikkien vapaiden aminohappojen välistä suhdetta, ja tutkimusten mukaan tämä suhde voi vaikuttaa AA:n muodostumiseen perunoissa enemmän kuin aiemmin on oletettu; tämä koskee erityisesti Asn:n ja Gln:n välistä suhdetta.</p> <p>Toistaiseksi ei ole määritetty ihanteellista perunan aminohapposuhdetta.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Tutkimus</p>	<p>Mukuloiden Asn-pitoisuuden hallinta</p> <p>Viljelykäytännöt, esim. lannoitteiden käyttö</p> <p>Laboratorio- ja kenttätutkimukset uusilla perunalajikkeilla</p>	<p>Asn, joka on kasvin kehityksen kannalta tärkeä aminohappo, on toinen AA:n muodostumisessa keskeinen reagoiva aine. Perunoissa Asn on runsaimpina esiintyvä vapaa aminohappo; tyypillisesti sen osuus on 0,2–4 prosenttia kuivapainosta ja 20–60 prosenttia kaikista vapaista aminohapoista. Asn-pitoisuudet eivät korreloi pelkistävien sokerien pitoisuuksien kanssa.</p> <p>Perunassa mitattu pelkistävien sokerien pitoisuus ei ole aina suoraan verrannollinen oppoistetuissa perunatuotteissa todettuun AA-pitoisuuteen. Vapaan Asn:n pitoisuus ja vapaan Asn:n suhde muihin vapaisiin aminohappoihin, joista selvästi yleisin on glutamiini, olisi myös otettava huomioon. Ne voivat olla parempia indikaattoreita eri perunalajikkeiden AA-riskille.</p> <p>Toistaiseksi perunoiden Asn-pitoisuuden vähentämiseen ei ole keinoja. Mahdollisia, parhaillaan tutkittavia keinoja ovat muun muassa seuraavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vähemmän Asn:aa sisältävien lajikkeiden jalostaminen • Varastoinnin vaikutus vapaan Asn:n pitoisuuksiin • Viljelykäytäntöjen (kuten lannoitteiden käytön) vaikutus Asn-/aminohappopitoisuuksiin <p>Rikin vaikutuksesta perunoihin ei ole varmaa tietoa, joten rikkilannoitusta koskevien ohjeiden antaminen viljelijöille olisi tähänastisen tutkimustiedon perusteella liian aikaista.</p> <p>Muiden aminohappojen suhteen kasvattaminen Asn:aan nähden johtaa Maillardin reaktion aikana reagoivien aineiden kilpailuun, mikä voi mahdollisesti vaikuttaa Maillardin prosessin aikana muodostuneen AA:n määrään.</p> <p>Uusissa perunalajikkeissa, joiden mukuloiden Asn-syntaasigeenit on vaiennettu, on jopa 20 kertaa vähemmän vapaata Asn:aa. Tällaisista mukuloista lämpökäsitellyillä tuotteilla on tavanomaisia tuotteita vastaavat aistinvaraiset ominaisuudet ja oletettavasti huomattavasti pienemmät AA-pitoisuudet. Nämä havainnot perustuvat laboratoriotutkimuksiin.</p> <p>Yhdysvalloissa tehtyjen kenttäkokeiden perusteella uusissa perunalajikkeissa, joiden mukuloiden Asn-syntaasigeenit on vaiennettu, on 5 kertaa vähemmän vapaata Asn:aa. Tällaisista mukuloista lämpökäsitellyillä tuotteilla on tavanomaisia tuotteita vastaavat aistinvaraiset ominaisuudet ja oletettavasti huomattavasti (50–75 prosenttia) pienemmät AA-pitoisuudet.</p> <p>Tämän asiakirjan laatimishetkellä tällaisia perunoita ei ole vielä hyväksytty kaupalliseen tuotantoon EU:ssa tai Yhdysvalloissa, joten niiden lainsäädännöllinen asema on tarkistettava.</p>

Muita huomioon otettavia seikkoja

- Raaka-aineessa olevien pelkistävien sokerien pitoisuuden optimoinnin vaikutus muihin ainesosiin, jotka vaikuttavat ravitsemuksellisiin ominaisuuksiin.
- Pelkistävien sokerien pitoisuuden vähentämisen tulee tapahtua tasapainoisesti jalostusmenetelmiin ja lopulliseen tuotteeseen (esimerkiksi väriin ja makuun) nähden.
- Viallisen materiaalin poistaminen tavanomaisen tuotantokäytännön mukaisesti on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi vähentää AA:n pitoisuutta lopullisessa tuotteessa. Alihankkijoiden kanssa voidaan esimerkiksi varmistaa, että saapuvien perunoiden kunto (esimerkiksi ruhjeet ja vauriot, virukset, kuten Spraing/TRV, sienitaudit tai varastolaho) tarkistetaan varastoinnin aikana ja uudelleen tehtaalla.

3. Resepti: Muut vähäiset aineet (aminohapot, kalsiumsuolat ja muut raaka-aineet)

Kehitystyö	AA-pitoisuuden alentaminen aminohappojen lisäyksellä ei ole tuottanut tulosta. Laboratoriokokeissa kalsiumsuoloilla saatuja lupaavia tuloksia ei ole voitu vahvistaa teollisissa olosuhteissa	<p>Aminohapot</p> <p>Laboratoriokokeissa glysiinillä ei saatu alennettua AA-pitoisuuksia.</p> <p>Kalsiumsuolat</p> <p>Laboratoriokokeissa saaduista lupaavista tuloksista huolimatta kalsiumlaktaatilla ei saatu tyydyttäviä testaustuloksia teollisissa olosuhteissa.</p>
-------------------	---	--

4.
Res

4. resepti: pH

Kehitystyö	Laboratoriossa saatuja lupaavia tuloksia ei saatu vahvistettua teollisissa olosuhteissa	<p>Pienten happomäärien lisäämisellä raaka-aineisiin on osoitettu olevan synergistisiä hyötyjä yhdessä kalsiumsuolojen kanssa perunalastuilla tehdyissä pienimuotoisissa kokeiluissa. Ranskanperunoilla laboratoriossa tehdyissä samoissa kokeissa havaittiin kuitenkin voimakas kitkerä sivumaku.</p> <p>Happamuudensäätöaineiden (etikkahapon ja sitruunahapon) sekä askorbiinihapon käyttö osoittautui laboratoriokokeissa lupaavaksi AA-pitoisuuden vähennyskeinoksi ranskanperunateollisuudessa. Teollisessa tuotannossa niiden lisääminen ranskanperunoihin ei kuitenkaan vähentänyt AA-pitoisuutta tavanomaiseen tuotteeseen verrattuna. Lisäksi on pyrittävä varmistamaan, ettei tuotteeseen muodostu kitkerää sivumakua.</p>
-------------------	---	---

5. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko

Kaupallinen sovellus	<p>Paksumat suikaleet vähentävät AA-pitoisuutta pinta-alan ja tilavuuden suhteen ansiosta</p>	<p>AA:a muodostuu tuotteen pinnassa, ja pinta-alan ja tilavuuden välinen suhde vaikuttaa muodostuvan AA:n määrään. Pinta-alan pienentäminen tilavuuteen nähden tekemällä perunasta paksumpia suikaleita/tikkuja on yksi mahdollinen tapa vähentää AA:n pitoisuutta. Suikaleiden leikkausmitat riippuvat kuitenkin asiakkaiden toiveesta.</p>
-----------------------------	---	--

6. Jalostus: Asparaginaasi

Kehitystyö	<p>Asparaginaasi voi vähentää AA-pitoisuutta optimoiduissa laboratorioolosuhteissa, jotka kuitenkin eroavat huomattavasti teollisista olosuhteista</p>	<p>Vaikka asparaginaasilla on onnistuttu vähentämään lopullisen tuotteen AA-pitoisuutta alustavissa laboratoriokokeissa, sen soveltaminen pakastettujen, osittain paistettavien ranskanperunoiden teolliseen tuotantoon voi johtaa vaihteleviin tuloksiin. Kokeilulinjan testeissä ja teollisissa testeissä havaittiin entsyymien lisäolosuhteista riippuen joko jonkin verran matalampia AA-pitoisuuksia tai ei lainkaan muutosta. Kiehautettujen (ei osittain paistettujen) jäädytettyjen perunatikkujen tuotantolinjalla entsyymien kontaktaika pidennetään, minkä seurauksena Asn häviää entsyymillä käsitellyistä perunoista kokonaan neljän päivän kylmäsäilytyksen jälkeen.</p>
-------------------	--	--

7.

Jalostus: Lämpöteho ja kosteus

Yleisiä huomioita

- Kosteussisältö vaikuttaa merkittävästi ruskistumisen ja AA:n muodostumisen aktivointienergiaan. Kun kosteussisältö on vähäinen, AA:n muodostumisen aktivointienergia on suurempi kuin ruskistumisen aktivointienergia. Tämän vuoksi paistoprosessin loppuvaihe on ratkaisevan tärkeä ja sitä on hallittava tarkasti matalammassa tuotelämpötilassa värin kehittymisen optimoimiseksi ja AA:n muodostumisen vähentämiseksi.
- Ranskanperunoiden kohdalla esipaistetun perunatuotteen lopullisen paistamisen tai (uuni)kypsentämisen tekee ammattiloppukäyttäjät tai kotioiloissa kuluttajat (katso ohjeet kohdasta "Viimeistely").

<p>Kaupallinen sovellus</p>	<p>Ranskanperunoiden valmistuksessa viimeistelyolosuhteilla on ratkaiseva merkitys, sillä AA muodostuu viimeistelykypsennyksen aikana</p>	<p>Osittainen paistaminen ei tuota merkittävää määrää AA:a puolivalmiiseen tuotteeseen eikä se määritä lopullisen tuotteen AA-pitoisuutta.</p>
------------------------------------	---	--

Muita huomioon otettavia seikkoja

Paistolämpötilan laskemisen vaikutus lopputuotteen rasvasisältöön (esimerkiksi 9 mm:n ranskanperunat: viimeistelyn paistolämpötilan laskeminen voi johtaa rasvamäärän kasvun, kun tuote paistetaan yhtä tummaksi). Riittämättömän kypsennyksen vuoksi liian korkea kosteuspitoisuus voi vaikuttaa tuotteen laatuun, säilyvyyteen ja/tai mikrobiologisiin haittoihin.

8. Jalostus: Esikäsittely (esimerkiksi pesu, kiehattaminen ja kaksiarvoiset kationit)

<p>Kaupallinen sovellus</p>	<p>Perunasuikaleiden tai -palojen kiehattaminen ennen jalostusta</p>	<p>Kiehattaminen on tehokkain tapa vähentää pelkistäviä sokereita (poistamalla sekä glukoosia että fruktoosia) perunasuikaleiden ulkopinnasta (Gentin yliopiston tutkimus).</p>
------------------------------------	--	---

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kaupallinen sovellus</p>	<p>Strateginen dekstroosin lisäys</p>	<p>Dekstroosilisäys</p> <p>Dekstroosin (eli glukoosin) strateginen lisääminen kiehattamisen jälkeen (sen jälkeen, kun tuotteesta on huuhdeltu pois molemmat siihen kertyneet luonnolliset pelkistävät sokerit – glukoosi ja fruktoosi) perunasuikaleiden ulkopinnalle johtaa lopullisessa paistetussa tuotteessa <u>vähäisempään</u> AA-pitoisuuteen yhtä tummaksi paistettaessa (Agtron). Tämä perustuu siihen, että reagoidessaan Asn:n kanssa fruktoosi tuottaa enemmän AA:a kuin glukoosi yhtä tummaksi paistettaessa (katso Higley et al, 2012; Parker et al, 2012).</p> <p>Perusteet dekstroosin lisäämiselle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saavutetaan lopullinen <u>kuluttajan toivoma väri</u>, joka perustuu paikallisiin kuluttajamieltymyksiin • Perunat saavat <u>yhtenäisen</u> värin (loppukäyttäjän tekemän viimeistelypaiston jälkeen) • <u>Kompensoidaan raaka-aineessa olevaa vaihtelua</u>. <p>Dekstroosilisäys vaikuttaa vain vähän lopullisen tuotteen AA-pitoisuuteen (Vinci et al, 2012).</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kaupallinen sovellus</p>	<p>Dinatriumdifosfaatti</p>	<p>Dinatriumdifosfaatti</p> <p>Lisäämällä dinatriumdifosfaattia heti ranskanperunoiden kiehattamisen jälkeen vältetään raakojen suikaleiden värimuutokset ja voidaan lisäksi vähentää AA-pitoisuutta madaltamalla pH:ta, mikä estää Maillard-reaktiota.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kehitystyö</p>	<p>Kaksi- ja kolmiarvoisten kationien lisäämisen on ehdotettu vähentävän AA:n muodostumista</p>	<p>Kalsiumsuolat</p> <p>Kaksi- ja kolmiarvoisten kationien lisäämisen on ehdotettu vähentävän AA:n muodostumista monissa perunatuotteissa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kalsiumsuolojen (kalsiumlaktaatin ja kalsiumkloridin) käyttö ranskanperunateollisuudessa vaikutti lupaavalta laboratorio-oloissa. Teollisessa tuotannossa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota koostumuksen säilymiseen, jottei tuotteesta tule liian kova, sekä kitkerän sivumaun välttämiseen. Lisäksi on huomattava, että kalsium ei sovi yhteen dinatriumdifosfaatin kanssa, jota käytetään yleisesti harmaan värin ehkäisemiseksi. • Magnesiumkloridin käyttö aiheutti voimakkaita sivumakuja.

9. Jalostus: Lopputuotteen väri

Kaupallinen sovellus	<p>Mittaa ja hallitse (paistetun) lopputuotteen väriä viimeistelypaiston jälkeen määritetyn värin mukaisesti</p>	<p>Gentin yliopiston tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin lopullisen tuotteen AA-pitoisuuteen liittyviä tärkeimpiä muuttujia (pelkistävien sokerien pitoisuutta ja värin arviointia) ilmeni, että paras korrelaatio saatiin aikaan värin määrittämisen avulla (Agtron-prosessimittari).</p> <p>Pakkauksen paisto-ohjeita on tarkistettu niin, että tuote neuvotaan paistamaan kullankeltaiseksi.</p> <p>Näiden tarkistettujen ja optimoitujen paisto-ohjeiden noudattaminen vähentää lopputuotteen AA-pitoisuutta.</p> <p>Tutkimusten mukaan joissain Euroopan maissa kuluttajat nauttivat ranskanperunat mieluiten kullankeltaisiksi pikemmin kuin kullankeltaisiksi paistettuina.</p> <p>Elintarvikevärien käyttäminen teollisesti tuotetuissa tuotteissa voisi olla tehokas keino tuottaa kullankeltaisia ranskanperunoita joissain maissa. Joillain alueilla (esimerkiksi EU:ssa) on kuitenkin asetettu lainsäädännöllisiä rajoituksia elintarvikevärien käytölle pelkkää perunaa sisältävissä tuotteissa.</p> <p>Kuluttajat voivat pitää vaaleampia ranskanperunoita hyväksyttävänä, jos muut aistinvaraiset ominaisuudet, kuten maku ja koostumus, pystytään hallitsemaan.</p>
-----------------------------	--	--

Muita huomioon otettavia seikkoja

Valmistajien pitäisi toteuttaa tavanomaisen laadunvalvonnan yhteydessä valvontaa, joka voi vaikuttaa välillisesti lopullisen tuotteen AA-pitoisuuteen; esimerkiksi öljyn laatua on seurattava optimaalisen paistolämpötilan säilyttämiseksi.

Koostumuksen ja maun muuttaminen eivät sovellu suoraan AA-pitoisuuden vähentämiseen, vaan niihin vaikuttavat muut toimenpiteet.

10. Viimeistely: Kuluttajien ja ravintoloiden ohjeistaminen

Kaupallinen sovellus	Kokkien ja kuluttajien ohjeistaminen	<p>Noudata pakkauksessa annettuja paisto-ohjeita tarkasti.</p> <p><u>Uppopaistettavat tuotteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • paista enintään 175°C:ssa ohjeiden mukaisen ajan • älä paista liikaa • paista kunnes tuote on saanut kullankeltaisen värin • pieniä määriä paistettaessa lyhennä paistoaikaa. <p><u>Uunissa paistettavat tuotteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • älä paista liikaa • paista kunnes tuote on saanut kullankeltaisen värin. <p>Pieniä määriä paistettaessa lyhennä paistoaikaa.</p> <p>Euroopan perunanjalostusteollisuuden yhdistys EUPPA on kehittänyt kuluttajille ja ravintoloille hyviä paistokäytäntöjä esittelevän apuvälineen "Good frying Practices": www.goodfries.eu</p> <p>Yhdysvaltojen FDA pitää yllä verkkosivustoa, jolla luetellaan tapoja AA-pitoisuuden vähentämiseen. Verkkosivusto nimeltä "Acrylamide: Information on Diet, Food Storage, and Food Preparation" on löydettävissä : täältä</p>
Kehitystyö	"Tuoreiden" jalostettujen ranskanperunoiden sokeripitoisuus voi nousta säilyvyysajan loppua kohti, mikäli kiehaus aika on liian lyhyt.	<p>Sveitsissä tehdyn tutkimuksen mukaan "tuoreet" kiehautettujen ranskanperunoiden jalosteet ja sipuliperunat, jotka säilytettiin 4°C:ssa säilyvyysajan loppuun asti, sisälsivät suhteessa enemmän pelkistäviä sokereita kuin saman tuotteet säilytettynä pakastimessa. Tutkijoiden mukana jäljelle jäänyt entsyymitoiminta (α-amylaasi) voi vapauttaa pelkistäviä sokereita hitaasti kylmäsäilytyksen aikana.</p> <p>Tutkimuksessa käytetty erittäin lyhyt kiehaus aika (5 minuuttia) ei vastaa teollisessa tuotannossa käytettyä jäädytettujen tai pakastettujen ranskanperunoiden kiehaus aikaa (10–45 minuuttia).</p>

Vilja- ja jyvätuotteet

Vilja- ja jyvätuotteita ovat muun muassa leipä, näkkileipä, suolarinkelit, aamiaisviljavalmisteet sekä keksit / leipomotuotteet [CAOBISCON vuonna 2008 julkaisemassa tutkimuksessa määritetty luokitus, johon kuuluvat voileipäkeksit, puolimakeat tuotteet, leivonnaiset, pikkuleivät, vohvelikeksit, kakut ja piparkakut].

1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit

Yleisiä huomioita: Aamiaisviljavalmisteet

Viljanjyvien sokerikoostumus ei ole AA:n muodostumisen kannalta keskeinen tekijä, minkä vuoksi sitä ei ole aiemmin pidetty oleellisena muuttujana aamiaisviljavalmisteiden valmistuksessa.

Kaupallinen sovellus	<p>Viljanjyvien sokerikoostumuksella on vähemmän vaikutusta kuin raaka-aineiden asparagiinipitoisuudella</p>	<p>Tutkimukset ovat vahvistaneet, että viljatuotteiden AA:n muodostumisessa keskeinen tekijä on Asn pikemmin kuin sokerit. Vapaan Asn:n pitoisuudella on todettu olevan paljon enemmän vaikutusta kuin vehnässä olevilla pelkistävillä sokereilla.</p> <p>Neljällä vehnäajikkeella vuonna 2004 tehdyissä mittauksissa havaittiin pelkistävien sokerien kokonaisuudeksi 1–1,3 prosenttia kuivapainosta; glukoosin osuus oli 0,41–0,58 prosenttia, fruktoosin 0,17–0,2 prosenttia ja maltoosin 0,36–0,55 prosenttia. Sakkaroosin osuus oli 0,5–0,65 prosenttia. AA:n muodostumisella ei havaittu olevan yhteyttä pelkistävien sokerien kokonaismäärään eikä yksittäisten sokerien pitoisuuteen. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on todettu pelkistävien sokerien pitoisuuksien vaihtelevan huomattavasti viljanjyvien ja niiden osien välillä. Esimerkiksi fruktoosia/glukoosia esiintyy eniten täysjyvärukiissa/-vehnässä.</p> <p>Lisäksi Asn ja fruktoosi/glukoosi korreloivat vehnässä ja rukiissa, mikä viittaa siihen, että jälkimmäisten sokerien mittausta voidaan mahdollisesti käyttää myös viljan valinnassa (AA:n muodostumisen vähentämiseksi) ja että ne voivat olla hyödyksi myös vähennettäessä AA-pitoisuutta tuotteissa, joiden resepti ei sisällä pelkistäviä sokereita. Leipän ja vehnäjauhojen väliltä ei löydetty korrelaatiota.</p>
-----------------------------	--	---

2. Maanviljely: Asparagiini

Yleisiä huomioita

Asn on ratkaiseva osatekijä, joka johtaa AA:n muodostumiseen viljatuotteissa. Tutkimukset osoittavat, että vapaan Asn:n määrä vaihtelee huomattavasti saman lajikkeen sisällä, yksittäisten peltojen kasvuolosuhteiden (esimerkiksi rikin vaikutuksen) mukaan ja viljalajikkeiden välillä. Tämä on vahvistettu kuumennettua vehnäjauhoa koskevissa yliopistotutkimuksissa, joissa on osoitettu, että vapaan Asn:n pitoisuus on tärkein määräävä tekijä. Vaihtelun syiden (jyvättyypin, lajikkeen, kasvuolosuhteiden ja ilmaston) vuoksi on mahdotonta hankkia vehnää tai muuta viljaa, jonka Asn-pitoisuus olisi järjestelmällisesti alhainen. Lisäksi tuotteella on käytetyn jyvättyypin mukaan tiettyjä ominaisuuksia, jotka määrittävät sen ominaislaadun. Näin ollen tiettyä jyvättyyppiä ei voi korvata toisella jyvättyypillä muuttamatta tuotteen ominaislaatua.

Näistä syistä maatalouskäytäntöjen ja viljalajikkeiden vaikutuksesta Asn-pitoisuuteen tarvitaan tarkempaa tietoa. Tämän vuoksi teollisuuskumppanit tukevat tutkimushankkeita, joilla pyritään tutkimaan kasvinjalostusta Asn-pitoisuuden vähentämiseksi vehnälaajikkeissa.

Kaupallinen sovellus	<p>Viljelijöiden tulisi olla tietoisia tasaisen rikinsaannin merkityksestä viljanviljelyssä¹</p>	<p>Rikkiköyhän maaperän on osoitettu vaikuttavan joidenkin viljojen vapaan Asn:n pitoisuuksiin huomattavasti. Maaperän rikkipitoisuuden lasku johtaa sadon Asn-pitoisuuden kasvuun ja sitä kautta suurempaan AA:n muodostumisriskiin. Rikkiköyhästä jauhosta valmistettu kypsennetty vehnä vaikuttaa myös aromiyhdisteiden kirjoon ja siten aistinvaraisiin ominaisuuksiin.</p> <p>Äärimmäisen rikinpuutteen vakavat vaikutukset eivät ole kuitenkaan oleellisia, sillä sadon kehitys estyy. Tällä on kuitenkin käytännön tasolla vaikutusta lannoitteiden levitykseen maatilalla. Asn-pitoisuuden vähentämisellä vain 25 prosentillakin olisi enemmän vaikutusta kuin useimmilla tähän mennessä testatuilla toimenpiteillä.</p>
-----------------------------	---	--

¹ Esimerkiksi Yhdistyneessä kuningaskunnassa suositeltu rikkimäärä vehnän viljelyssä on 20 kiloa hehtaarilla – Lähde: Journal of Experimental Botany, Vol. 63, No. 8, ss. 2841–2851, 2012.

Kehitystyö	<p>Vehnälajikkeiden valinta Täysjyvän ja/tai leseiden osuuden vähentäminen tuotteessa vaikuttaa merkittävästi tuotteen ravitsemukselliseen laatuun ja aistinvaraisiin ominaisuuksiin</p>	<p>Aamiaisviljavalmistteet</p> <p>Vähemmän vapaata Asn:a sisältävän vehnän käyttö on auttanut tuottamaan vähemmän AA:a sisältäviä tuotteita. Tuoreiden kokemusten perusteella vähän vapaata Asn:a sisältävän täysjyvän määrittäminen ei ole vielä mahdollista mutta täysjyvän (leseiden ja itujen) osuuden vähentäminen ja jyvän ytimen osuuden kasvattaminen (vapaan Asn:n pitoisuus on korkeampi leseessä/idussa) on tehokas ratkaisu. Tuotteen aistinvaraiset ja ravitsemukselliset ominaisuudet kärsivät siitä kuitenkin huomattavasti. Useimmat aamiaisviljavalmistteet valmistetaan tavallisesta vehnästä. Tavallisessa vehnässä on tyypillisesti korkeampi proteiini/aminohappopitoisuus, mikä tarjoaa Asn:lle kilpailevia aminohappoja. Erään valmistajan kolme vuotta kestäneen kokeilun perusteella näyttää, että viljelypaikkojen välinen ympäristöllinen vaihtelu on liian suurta, jotta tällainen valikointi olisi mahdollista teollisessa mittakaavassa.</p> <p>Viljapohjaiset tuotteet</p> <p>Tuoreiden kokemusten perusteella vähän vapaata Asn:a sisältävän täysjyvän määrittäminen ei ole vielä mahdollista mutta täysjyvän ja/tai leseiden osuuden vähentäminen ja jyvän ytimen osuuden kasvattaminen (sillä vapaan Asn:n pitoisuus on korkeampi leseessä/idussa) on tehokas ratkaisu. Tuotteen aistinvaraiset ja ravitsemukselliset ominaisuudet kärsivät siitä kuitenkin huomattavasti. Ravitsemuksellisen laadun heikentäminen (toisin sanoen täysjyvän, kuidun ja muiden hyödyllisten ravinteiden vähentäminen) vaikuttaisi haitallisesti ravinteiden saantiin (ja voisi jopa vaikeuttaa ravinnepuutetta), sillä vilja muodostaa merkittävän osan kuluttajien ravinteiden saannista.</p> <p>Näkkileipä</p> <p>Ruisnäytteiden tarkastelu on osoittanut ympäristötekijöillä olevan enemmän vaikutusta kuin ruislajikkeella. Toistaiseksi ei ole voitu osoittaa, millä ympäristötekijöillä on eniten vaikutusta.</p>
------------	--	---

3. Resepti: Nostatusaineet

Kaupallinen sovellus	<p>Joissain kaupallisissa sovelluksissa käytetyn NH_4HCO_3:n vähentäminen tai korvaaminen resepteissä on yksi tapa vähentää AA-pitoisuutta, mutta muutoksen vaikutus aistinvaraisiin ominaisuuksiin on arvioitava</p>	<p>Keksit</p> <p>NH_4HCO_3:n korvaamisen vaihtoehtoisilla nostatusaineilla on osoitettu vähentävän jonkin verran joidenkin tuotteiden AA-pitoisuutta tapauskohtaisesti. Muutos voi vaikuttaa makuun, väriin ja koostumukseen mutta siitä huolimatta useita tuotteita (makeita keksejä ja piparkakkuja) on kehitetty ja tuotu markkinoille. Useimmissa tapauksissa korvaavana aineena on käytetty natriumsuoloja.</p> <p>Jotta leivonnan aikana voidaan saavuttaa sopiva kaasutasapaino ja optimaalinen koostumus, maku ja väri, leivonnassa on kuitenkin usein käytettävä NH_4HCO_3:n, NaHCO_3:n ja happamuudensäätöaineen yhdistelmiä (katso jäljempänä).</p> <p>Kokeissa on todettu, että NH_4HCO_3 voi edistää AA:n muodostumista piparkakuissa. NH_4HCO_3 lisää sokerin sivutuotteiden (glyoksaalin ja metyyli glyoksaalin) muodostumista; nämä reagoivat nopeasti Asn:n kanssa ja tuottavat AA:a enemmän kuin alkuperäiset pelkistävät sokerit "miedoissa" olosuhteissa.</p>
----------------------	--	--

4. Resepti: Muut vähäisemmät valmistusaineet

Kaupallinen sovellus	<p>Fruktoosin korvaaminen glukoosilla on hyvin tehokas tapa vähentää AA:n muodostumista erityisesti resepteissä, jotka sisältävät ammoniumbikarbonaattia</p>	<p>Pikkuleivät</p> <p>Pelkistävät sokerit ovat vastuussa makeiden keksien monista ominaisista mauista ja väristä. Fruktoosin korvaaminen glukoosilla ei vaikuttanut alkuperäiseen laatuun ja koostumukseen monissa kaupallisissa sovelluksissa; vaaleampaa väriä pidettiin kuitenkin hyväksyttävänä. Glukoosi-fruktoosisiirappia käytettäessä fruktoosisisällön on oltava mahdollisimman pieni.</p>
	<p>Leivän valmistuksessa Ca²⁺ -suolojen lisäämisen on todettu vähentävän AA:n muodostumista</p>	<p>Leipä</p> <p>Jauhojen vahvistaminen 0,3 prosentilla kalsiumilla, kuten Yhdistyneen kuningaskunnan lainsäädäntö vaatii ravitsemuksellisista syistä, vähentää AA:n muodostumista noin 30 prosenttia. Suuremman kalsiummäärän lisääminen vähentää AA:n muodostumista tätäkin enemmän (vastaava tulos saadaan aikaan myös lisäämällä magnesiumia). Kalsiumpropionaatin lisääminen sai AA-pitoisuuden kuitenkin kasvamaan yli 90 prosentilla. Vaikutus ei johtunut propionaattihaposta. Ca²⁺ -suolojen lisääminen leipään vuoan voiteluaineen kautta vähentää AA:n muodostumista selvästi ja voi olla toimiva vaihtoehto, sillä suurin osa AA:sta muodostuu leivänkuoressa.</p>
Kehitystyö	<p>Glysiinin lisääminen vaikuttaa aistinvaraisiin ominaisuuksiin</p> <p>Kalsium tuottaa vaihtelevia tuloksia ja useimmat aiheuttavat haitallisia vaikutuksia</p>	<p>Piparkakku</p> <p>Glysiinin lisääminen (1 prosenttia reseptistä) vähensi AA-pitoisuutta ~2,5-kertaisesta ja edisti ruskistumista mutta heikensi selvästi tuotteen aistinvaraisia ominaisuuksia [2].</p> <p>Käytännön kokeiluissa kalsiumsuolojen lisäämisellä on saatu vaihtelevia tuloksia, jotka useimmat vaikuttavat tuotteen laatuun. Menetelmiä ei ole otettu kaupalliseen käyttöön.</p>
	<p>Glysiinin lisääminen vähentää AA-pitoisuutta vain marginaalisesti</p>	<p>Leipä</p> <p>Useissa tutkimuksissa on todettu, että glysiinin lisääminen voi vähentää AA-pitoisuutta hiivalla nostatetussa leivässä, nostamattomassa leivässä ja leivänkuoressa. Samaan aikaan on kuitenkin esitetty epäilyksiä siitä, että suuren glysiinimäärän lisääminen voi vähentää hiivan fermentointia. Glysiinin suihkuttaminen leipätaikinan pinnalle (8 kertaa peräkkäin) auttaa vähentämään AA:a vain marginaalisesti (noin 16 prosenttia).</p>
	<p>Glysiinin lisääminen muuttaa tuotteen väriä/laatua</p>	<p>Pikkuleivät</p> <p>Glysiinin lisääminen muuttaa tuotteen väriä ja tuottaa laadultaan kelpaamattomia tuotteita.</p>

Kehitystyö	<p>Sokereita lisätään yleensä paahtamisen jälkeen. Maltaan vaikutus AA:n muodostumiseen edellyttää lisätutkimuksia</p>	<p>Aamiaisviljavalmistheet</p> <p>Aamiaisviljateollisuudessa eurooppalaiset valmistajat käyttävät yleensä sakkaroosia ja pieniä määriä mallasta viljassa itsessään, sillä pelkistävät sokerit tummentavat viljaa liiallisesti. Mikäli tuotannossa on mahdollista käyttää sakkaroosin vaihtoehtoja, on varmistettava, että ne eivät lisää AA-pitoisuutta. Fruktosin lisääminen johtaa yleensä liialliseen ruskistumiseen. Hunajaa, glukoosia, fruktoosia ja muita pelkistäviä sokereita käytetään yleensä paahtamisen jälkeen lisättävässä sokeripäällysteessä, joten ne eivät vaikuta AA:n muodostumiseen.</p> <p>Erään valmistajan mukaan maltaan ja tarkemmin ottaen mallastetun ohran on osoitettu vähentävän aamiaisviljavalmisteen AA-pitoisuutta. Maltaan vaikutuksesta on kuitenkin tehtävä vielä lisätutkimuksia, eikä sen vaikutusta voida tällä hetkellä pitää yleisenä sääntönä.</p>
	<p>Kalsiumkloridin lisääminen edellyttää lisätutkimuksia</p>	<p>Kalsiumin ja glysiinin lisäämistä tutkitaan parhaillaan laboratorio- ja kokeiluhankkeissa. Moniin aamiaisviljavalmistisiin lisätään Ca^{2+}-suoloja ja valmistajat voisivat tutkia, mitä etua lisääminen voisi tuoda muille aamiaisviljavalmisteen. Erään valmistajan mukaan kalsiumkloridin on osoitettu vähentävän aamiaisviljavalmisteen AA-pitoisuutta kokeiluhankkeissa. Maku näyttää pysyvän hyväksyttävänä, kun kalsiumkloridin osuus on enintään 0,4–0,5 prosenttia kiinteästä aineesta. Maun validointi on toistaiseksi kesken.</p>
	<p>Glysiinin lisäämistä tutkitaan parhaillaan kokeiluhankkeissa</p> <p>Antioksidanttien myönteiset vaikutukset eivät ole ilmiselviä</p>	<p>Glysiinin on todettu kokeilutehdashankkeissa vähentävän AA:n muodostumista jopa 50 prosentilla joissain vehnähiutaletyypeissä. Glysiinin lisäämistä rajoittaa värin tummuminen ja kitkerä maku. Glysiinillä on suuri reaktionopeus jopa pienillä lisäysmäärillä, minkä vuoksi kokeiluissa ei ole vielä onnistuttu hallitsemaan glysiinin vaikutusta väriin, aromiin ja makuun ottaen huomioon tuotteen kosteutta, koostumusta ja säilyvyysaikaa koskevat vaatimukset: Valmistajat lisäsivät glysiiniä kokeilutehtaalla muiden aminohappojen (proliinin ja lysiinin) ohella ja havaitsivat, että glysiini ja proliini (mutta ei lysiini) vähensivät AA-pitoisuutta mutta kaikki kolme aminohappoa toivat tuotteeseen liian voimakkaan kitkerän maun.</p> <p>Valmistajat ovat lisäksi raportoineet eri antioksidanteilla (C- ja E-vitamiinilla) tehdyistä tehdaskokeiluista mutta näillä ei ole ollut merkittävää vaikutusta AA-pitoisuuteen.</p>
<p>Glysiinin ja kalsiumin lisääminen vaikuttaa kielteisesti keskeisiin laadullisiin ominaisuuksiin</p>	<p>Näkkileipä</p> <p>AA-pitoisuutta voidaan vähentää lisäämällä 3 painoprosenttia glysiiniä, mikä johtaa noin 78 prosentin vähennykseen. Lisäys voi kuitenkin vaikuttaa väriin ja tuoda epämiellyttävän makean maun. Ca^{2+} vähentää AA-pitoisuutta vain vähän ja vaikuttaa tehdaskokeilujen perusteella haitallisesti makuun ja koostumukseen.</p>	

5. Resepti: pH

Kehitystyö	<p>Orgaanisten happojen lisäämisellä on havaittu olevan vaikutusta vain, mikäli kohotusaineita muutetaan samanaikaisesti ja silloinkin vaikutus on vain marginaalinen</p>	<p>Keksit, näkkileipä, piparkakut, aamiaisviljavalmistet</p> <p>Keksejä koskeissa kokeilututkimuksissa on todettu, että ammoniumpohjaisten nostatusaineiden puuttuessa pH ja AA-pitoisuus muuttuvat lineaarisesti siten, että pH:n laskiessa yhdellä yksiköllä AA-pitoisuus vähenee noin 17 prosenttia.</p> <p>Väli tuotteella (puolimakea keksi) tehdyissä laboratoriokokeissa AA-pitoisuutta saatiin laskettua 20–30 prosenttia laskemalla pH:ta sitruunahapon avulla.</p> <p>Sitruuna- ja viinihapon lisääminen (~0,5 prosenttia reseptistä) laski piparkakkujen AA-sisältöä noin kolminkertaisesti verrokkeihin nähden, mutta tuotteen laatu oli riittämätön (hapan maku, vähemmän ruskistumista) [3]. Näkkileivässä ja kekseissä pH vaikuttaa lopullisen tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin.</p> <p>Mallinnukset ovat osoittaneet, että joissain leipomotuotteissa matalampi pH yhdessä fermentoinnin kanssa voi johtaa toisen ei-toivotun prosessikemikaalin, 3-monokloropropaanidiolin (3-MCPD), pitoisuuden lisääntymiseen.</p> <p>Sitruunahapon tai suolayhdisteiden lisäämistä aamiaisviljavalmistisiin on testattu laboratorio- ja kokeiluhankkeissa, mutta lopullisen tuotteen maittavuutta ei ole todettu hyväksyttäväksi. pH:n nostaminen (lisäämällä NaOH:ta) vähensi AA-pitoisuutta mutta heikensi väriä ja makua. pH:n laskemisella (sitruunahapolla) lämpökäsittelyn aikana oli vain vähäinen vaikutus tai ei lainkaan vaikutusta ja joka tapauksessa sillä ei saatu aikaan hyväksyttävää makua.</p>
-------------------	---	---

6. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko

Kaupallinen sovellus	<p>Täysjyvän vähentäminen reseptissä auttaa vähentämään näkkileivän AA-pitoisuutta. Ravitsemukselliseen laatuun ja aistinvaraisiin ominaisuuksiin kohdistuva vaikutus on kuitenkin vielä arvioimatta</p>	<p>Näkkileipä</p> <p>Jos näkkileipiä valmistetaan viljanjyvistä, joiden Asn-pitoisuus on vähäinen, tuotteen AA-pitoisuuden voidaan odottaa olevan matala. Joissain tapauksissa Asn:a sisältävän materiaalin laimentaminen on mahdollista, ja eräessä tuotteessa ruisjauhotyypin 1800 korvattiin tyyppillä 997 ja tuote saatettiin markkinoille. Laimentamismateriaalin valinnasta riippuen laimentaminen voi kuitenkin muuttaa tuotteen koostumusta ja ominaisuuksia merkittävästi.</p>
	<p>Kappaleen koko</p>	<p>Näkkileivän kohdalla mitä paksumpi leipä on, sitä pienempi sen AA-pitoisuus on. Tämä muuttaa kuitenkin merkittävästi tuotteen ominaisuuksia.</p>
	<p>Viljan korvaaminen toisella voi olla sopiva vaihtoehto joissain resepteissä</p>	<p>Pikkuleivät</p> <p>Vehnäjauhon korvaaminen osittain riisijauholla on tehokas ratkaisu.</p>

Täysjyväjauhon ja/tai leseeseen vähentäminen ja jyvän ytimen käytön lisääminen haittaa merkittävästi tuotteiden aistinvaraisia ominaisuuksia ja ravitsemuksellista laatua ja vaikuttaa haitallisesti kuluttajien täysjyvän, kuidun ja muiden hyödyllisten ravinteiden saantiin

Paahdetut pähkinät ja kuivatut hedelmät lisäävät AA-pitoisuutta

"Suuremman" tuotteen leipominen voi vähentää AA-pitoisuutta pinta-alan ja tilavuuden suhteen muuttuessa

Aamiaisviljavalmisteet

Aamiaisviljavalmisteissa voidaan käyttää kaikkia yleisimpiä viljoja; joissain viljoissa syntyy muita enemmän AA:a saman prosessin aikana. Asparagiinin, AA:n muodostumisen esiasteen, on todettu jakautuvan eri viljoissa eri tavoin (katso seuraava oleva taulukko, jossa esitetään esimerkkejä vaihteluista: *Lähde: MAP Milling Project - Measure and control of mycotoxins, pesticides and acrylamide in grain milling sector. Euroopan komission tutkimuksen ja teknologian kehitysohjelman "Eurooppalaisen tutkimusalueen integrointi ja lujittaminen" (2002–2006) puitteissa rahoittama hanke*<http://toiduliit.ee/Upload/User/File/ettekanded/IGV%20training%20material.pdf>)

Viljanjyvä	AA (ppb)
Riisi	< 50
Maissi	50–110
Durumvehnä	150–460
Vehnä	350–500
Kaura	~500
Ruis	450-880

Valittu viljalaji määrittää elintarvikkeen, joten tiettyä viljalajia ei voi korvata toisella muuttamatta koko tuotetta ja menettämättä kuluttajien arvostamaa tuotteen ominaislaatua.

Muut viljatuotteissa käytetyt valmistusaineet voivat vaikuttaa AA-pitoisuuteen. Suhteellisen matalassa lämpötilassa paahdetut mantelit sisältävät noin 10 kertaa vähemmän AA:a kuin korkeassa lämpötilassa paahdetut mantelit. Maapähkinät ja hasselpähkinät sisältävät alle viidesosan Asn:a verrattuna manteleihin, minkä vuoksi nämä tuottavat paljon vähemmän AA:a. Mikäli myslissä käytetään leivottuja osia, niiden resepti on tarkastettava keksejä koskevien ohjeiden mukaisesti.

Joidenkin kuivattujen hedelmien, kuten luumujen ja päärynöiden, on havaittu sisältävän AA:a. Tämän johdosta on testattu joitain myslissä ja hedelmää sisältävissä aamiaisviljavalmisteissa yleisesti käytettyjä valmistusaineita. Kuivatut hedelmät ja pähkinät voivat muodostaa noin 25–50 prosenttia myslin painosta; pääaineena ovat yleensä rusinat ja sulttaanirusinat.

Eri laatuissa ja eri lähteistä saaduissa rusinoissa, kuivatussa omenassa, kuivatuissa karpaloissa, karamelloidussa papajassa ja karamelloidussa ananaksessa ei ollut mitattavia määriä AA:a. Vähäisiä määriä löydettiin kuivatuista banaaneista, kuivatuista kookoksista ja luumuista.

Kokoon perustuva laimentuminen leivässä (ja joissain leipomotuotteissa)

AA muodostuu leivän kuumassa ja kuivuvassa kuoressa. Kuoren ja sisuksen välinen suhde määrittää koko tuotteen AA-pitoisuuden. Näin ollen pinta-alan ja tilavuuden välisen suhteen vähentäminen esimerkiksi valmistamalla suurempia leipiä on yksi tapa vähentää AA-pitoisuutta.

7. Resepti: Muokkaus

Kehitystyö	<p>Laboratoriotutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että muokkauksen poistaminen edistää AA-pitoisuuden laskemista joissain tuotteissa. Taikinän seisottamista tai seisotetun taikinän muokkaamista on kuitenkin vältettävä, mikäli mahdollista</p>	<p>Keksit</p> <p>Saksalaisten tutkimusten perusteella joidenkin leipomotuotteiden muokkaaminen voi vaikuttaa lopullisen tuotteen AA-pitoisuuteen.</p> <p>Makealla keksitaikinalla tehdyissä kokeilututkimuksissa on osoitettu, että vanhemmasta taikinasta leivotuissa kekseissä muodostuu enemmän AA:a (noin 35 prosenttia enemmän 3 tunnissa). AA-pitoisuuden lisäys voi johtua tänä aikana tapahtuneesta vapaan Asn:n mitatusta lisäyksestä. Parhaisiin käytäntöihin tulisi näin ollen kuulua, että taikinän seisottamista tai seisotetun taikinän muokkaamista vältetään. Kaikkein tuoreimman tutkimustiedon perusteella ei ole kuitenkaan todisteita siitä, että muokkaamisen välttäminen edistäisi AA-pitoisuuden vähentämistä teollisessa tuotannossa.</p> <p>Muissa hapattamattomalla näkkileivillä tehdyissä tutkimuksissa ei ole havaittu merkittävää vaikutusta tuotteen AA-pitoisuuteen.</p>
	<p>Ei selviä todisteita muokkauksen vaikutuksesta</p>	<p>Aamiaisviljajavalmisteet</p> <p>Niissä aamiaisviljajavalmisteissa, joissa muokkausta voidaan käyttää, sillä ei ole raportoitu olevan vaikutusta AA:n muodostumiseen. Erilaisia valmistusprosesseja ja reseptejä on niin paljon, että valmistajien on syytä testata kukin tapaus erikseen.</p>

8. Resepti: Fermentointi

Kaupallinen sovellus	<p>Hapatettujen tuotteiden AA-pitoisuus on pienempi. Leivän hapatusajan pidentäminen voi auttaa alentamaan AA-pitoisuutta</p>	<p>Näkkileipä</p> <p>Joitain leipomotuotteita, kuten näkkileipiä ja voileipäkeksejä, voidaan valmistaa hapatetusta taikinasta tietyn koostumuksen tai maun aikaansaamiseksi. Vastaaviin hapattamattomiin tuotteisiin verrattuna hapatettujen tuotteiden AA-pitoisuus on yleensä alhaisempi. Hiiva imee Asn:n ja asparagiinihapon sekä sokerit nopeasti itseensä. Lisäksi näkkileivässä, joka valmistetaan yleensä hiivalla, on huomattavasti vähemmän AA:a hapatetuissa kuin hapattamattomissa muunnoksissa. Näkkileipien tuotannossa on huomioitava muita tekijöitä, kuten keksin paksuus ja paisto-olosuhteet.</p>
-----------------------------	---	---

<p>Makeiden keksien tuotannossa taikinän säilytysajan valvominen voi olla hyvä käytäntö</p> <p>Käytä vähemmän kaasua tuottavaa hiivaa, jotta Asn-hajoaa nopeammin</p>	<p>Makeat keksit ja voileipäkeksit</p> <p>Taikinassa, jonka on annettu seistä, muodostuu enemmän AA:a (35 prosenttia enemmän 3 tunnissa), toisin sanoen vapaan Asn:n määrä kasvaa taikinassa ajan kuluessa. Tästä syystä on vältettävä seisotetun taikinän käyttämistä. Viimeisimmässä CAOBISCON tutkimuksessa ei kuitenkaan raportoitu tutkimuksista, joissa kovien ja makeiden keksien taikinän seisotusaikaa olisi lyhennetty.</p> <p>Keksi- ja voileipäkeksitaikinat: Hiivan pitkä fermentointiaika on tehokas tapa vähentää Asn-pitoisuutta. Fruktosipitoisuus kasvaa kohtuullisessa fermentointiajassa, mutta hiiva imee sen, joten nettovaikutus AA:iin on myönteinen. Viimeisimmässä CAOBISCON tutkimuksessa ei kuitenkaan raportoitu tutkimuksista, joissa voileipäkeksien seisotusaikaa olisi pidennetty.</p> <p>Vähemmän kaasua tuottavan hiivan käyttö voi olla keino vähentää AA-pitoisuutta joissain tuotteissa, sillä tämä on riippumaton Asn:n kulutuksesta. Hiivan toiminnan lisääntyessä Asn-hajoaa nopeammin samassa kaasunkehitysaikassa.</p> <p>Leipä</p> <p>Taikinän kohotusajan pidentäminen ja erityishiivan käyttö vähentävät Asn-pitoisuutta.</p>
---	---

9. Jalostus: Asparaginaasi

<p>Kaupallinen sovellus</p> <p>Asparaginaasin käyttö on tehokas keino kekseissä, viljoissa ja näkkileivässä. Sitä käytetään tällä hetkellä kaupallisissa tuotteissa (esimerkiksi piparkakuissa, voileipäkekseissä, pikkuleivissä ja aamiaisviljavalmistuksessa) ja sitä voidaan mahdollisesti käyttää myös muissa keksi- ja viljatuotteissa</p> <p>Asparaginaasi on tehokas keino joissain viljapohjaisissa (maissi- ja vehnäpohjaisissa) napostelutuotteissa</p>	<p>Keksit, piparkakut ja näkkileipä</p> <p>Asparaginaasia käytetään tällä hetkellä joidenkin tuotteiden valmistuksessa ilman minkäänlaisia laatuongelmia; niitä ovat esimerkiksi piparkakut, näkkileipä ja pikkuleivät. Sen käyttöä muissa tuotteissa arvioidaan parhaillaan ja uusia tuotteita odotetaan tulevan markkinoille lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Asparaginaasi voi vähentää AA-pitoisuutta tehokkaasti erityisesti kosteissa pH:ltaan neutraaleissa järjestelmissä ja korkeissa lämpötiloissa. Konditoriatuotteissa asparaginaasista johtuva AA-pitoisuuden lasku vaihtelee suuresti reseptin, käytettyjen valmistusaineiden ja tuotteen kosteussisällön mukaan.</p>
	<p>Vilja- ja jyvähajaiset napostelutuotteet ja suolarinkelit</p> <p>Asparaginaasin käytöllä on saatu aikaan merkittäviä vähennyksiä (noin 70–90 prosenttia) joissain viljaitäkinäpohjaisissa napostelutuotteissa ja se on nyt teollisessa käytössä. Mahdollisimman suuren vähennyksen aikaansaaminen edellyttää Asn-pitoisuudesta riippuvan vähimmäisviipymääajan noudattamista.</p>

Tutkimus	Kypsennetyssä ja paahdetussa karkearakenteisessa viljassa ei havaittu merkittävää Asn-pitoisuuden vähentymistä	Aamiaisviljavalmistet Kypsennetyssä ja paahdetussa karkearakenteisessa viljassa ei havaittu merkittävää Asn-pitoisuuden vähentymistä. Yhteistyössä entsyymitoimittajan kanssa tehdyt laboratorio- ja kokeilututkimukset vahvistivat, että asparaginaasi ei vähennä aamiaisviljavalmisteen AA-pitoisuutta tehokkaasti käytetyissä prosesseissa. Aamiaisviljavalmisteen valmistusprosesseissa käytetään matalaa kosteuspitoisuutta, mikä vaikeuttaa entsyymien tunkeutumista jyvään tai elintarvikematriisiin. Monissa aamiaisviljavalmisteen valmistusprosesseissa käytetään karkeitä jauhoja tai pilkottuja jyviä, joihin entsyymi ei voi tunkeutua helposti.
-----------------	--	---

10. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus

Kaupallinen sovellus	<p>Näkkileivän AA-pitoisuutta on saatu vähennettyä lämpötehon optimoinnilla</p>	<p>Näkkileipä Hapattamattomassa näkkileivässä prosessilämpötilan ja uunin nopeuden laskeminen vähensi AA-pitoisuutta noin 75 prosenttia. Tärkein vaikuttava tekijä on sen varmistaminen, että lopullinen kosteus on niin korkea kuin laadun kannalta on mahdollista. Muiden tuotteiden väri, maku ja koostumus voi kuitenkin kärsiä huomattavasti.</p>
	<p>Aamiaisviljajalmisteiden AA-pitoisuutta on saatu vähennettyä lämpötehon optimoinnilla</p>	<p>Aamiaisviljajalmisteet AA:n muodostuminen viljatuotteiden paistamisen aikana on tiiviisti sidoksissa kosteussisältöön ja paistolämpötilaan/aikaan (lämpötehoon). Eräs valmistaja on raportoinut arvioineensa tätä aamiaisviljajalmisteiden tuotannon yhteydessä ja havainneensa, että AA-pitoisuus korreloi kosteuden kanssa mutta ei värin kanssa. Tästä syystä aamiaisviljajalmisteiden tuotannon olosuhteissa AA:n odotetaan pysyvän samana kosteuden pysyessä samana (paahdetuissa tuotteissa). Muut valmistajat raportoivat arvioineensa toisaalta matalamman lämpötilan ja toisaalta lyhyemmän lämmitysajan vaikutuksia ja havainneensa, että molemmat vähentävät AA-pitoisuutta mutta vaikuttavat haitallisesti tuotteen väriin ja makuun. Lisäksi on tutkittu erilaisia lämpötilan ja lämmitysajan yhdistelmiä ja havaittu, että kaikki yhdistelmät, jotka tuottavat hyväksyttävän värin ja maun tuottavat myös lähes saman AA-pitoisuuden. Tämä antaa viitteitä siitä, että AA-pitoisuuden vähentäminen lämpötehon optimoinnin kautta saattaa soveltua vain joihinkin aamiaisviljajareseptien ja prosessien yhdistelmiin. AA-pitoisuus korreloi yleensä paahdetun tuotteen kosteussisällön kanssa (sillä vähäisempi kosteussisältö on yleensä seurausta suuremmasta lämpötehosta), mutta valmistajat soveltavat kosteuteen yleensä enimmäis- ja vähimmäisarvoja tavanomaisen laadunvalvonnan yhteydessä, ja kosteussisällön kasvattaminen lyhentää yleensä säilyvyysaikaa.</p>
Kehitystyö	<p>Vaihtoehtoiset paistotekniikat, kuten infrapunalämmitys, vaikuttavat lupaavilta. Höyrypaistaminen paiston viimeisten 5 minuutin aikana on tehokas tapa vähentää AA-pitoisuutta</p>	<p>Leipä Yhdistyneessä kuningaskunnassa tehdyssä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin Chorleywood-leipäprosessilla tuotettua leipää, havaittiin, että AA:n muodostumista voitaisiin vähentää muutamalla yksinkertaisella toimenpiteellä: välttämällä liiallista kuoren tummumista, käyttämällä kannellisia paistovuokia ja laskemalla uunin lämpötilaa paiston edistyessä. Uusien paistotekniikoiden, kuten uusien kiertoilmauunien ja infrapunasäteilyn, vaikutusta AA:n muodostumiseen leivän kuorella on tutkittu Heatox-hankkeen yhteydessä. Infrapunalämmityksellä AA-pitoisuutta voitiin vähentää ohuissa leivissä 60 prosenttia ilman, että aistinvaraiset ominaisuudet muuttuivat. Hankkeessa tarkasteltiin myös paiston loppuvaiheessa käytettävän höyrypaistamisen vaikutusta ja sen havaittiin vähentävän valkoisen leivän AA-pitoisuutta 40 prosenttia ilman, että aistinvarainen laatu muuttui.</p>

11. Jalostus: Lopputuotteen väri

Kaupallinen sovellus	<p>Väri on monille tuotteille tyyppillinen ominaisuus mutta joitain tuotteita voidaan muuttaa ilman, että tuotteen hyväksyntä kuluttajien parissa kärsii, esimerkiksi päällystämällä tuote paiston jälkeen suklaalla</p>	<p>Kovat makeat keksit, näkkileipä, aamiaisviljavalmistet, leipä</p> <p>Maillard-reaktio, joka johtaa AA:n muodostumiseen, saa aikaan myös värit ja maut, jotka antavat paistetuilla viljatuotteille niille välttämättömät ominaisuudet. Jos vaaleamman väristen ja vähemmän paistettujen tuotteiden tuottaminen olisi kuitenkin mahdollista nostamatta tuotteen kosteussisältöä, AA-pitoisuutta voitaisiin teoriassa vähentää.</p> <p>Väriä hyödynnetään valmistettaessa i) kovia ja makeita keksejä, joissa AA-pitoisuus on noin 10 prosenttia pienempi värin ollessa vaaleampi, ja ii) näkkileipää vähentämällä "loppupaahtoa" siten, että ruskistuminen vähenee hyväksyttävästi.</p> <p>AA-pitoisuuden ja aamiaisviljavalmistetiden värin välinen korrelaatio syntyi tapauskohtaisesti eikä sen perusteella voitu tehdä yleistyksiä.</p> <p>Leivässä lopullinen väri useimmiten kertoo AA-pitoisuudesta.</p>
-----------------------------	--	---

12. Jalostus: Koostumus/maku

Kehitystyö	<p>Korreloi tiiviisti kosteuden kanssa, tärkeä aistinvarainen/laadullinen ominaisuus</p>	<p>Keksit</p> <p>On harmillista, että Maillard-reaktio, joka johtaa AA:n muodostumiseen, antaa tuotteelle myös maun ja värin. Joihinkin tuotteisiin (esimerkiksi piparkakkuihin) lisätään tahallisesti pelkistäviä sokereita, kuten glukoosia tai fruktoosia, tietyn maun (ja värin) aikaansaamiseksi. Tällaisissa tuotteissa on usein myös korkeampi AA-pitoisuus. Jos pelkistäviä sokereita ei lisättäisi, AA-pitoisuus laskisi mutta samalla maun kehittyminen kärsisi.</p> <p>Tuotteet, jotka paistetaan korkeassa lämpötilassa vähäiseen kosteussisältöön rapean koostumuksen aikaansaamiseksi, sisältävät yleensä enemmän AA:a. Tuotteet, joita paistetaan matalammassa lämpötilassa pidemmän aikaa, kuten murokeksit, sisältävät vähemmän AA:a. Toteutettavuuden ja tuotteen hyväksyttävyyden arviointi edellyttää tapauskohtaisia tutkimuksia.</p>
-------------------	--	---

13. Viimeistely: Kuluttajien, asiakkaiden ja ravintoloiden ohjeistaminen

Kaupallinen sovellus	<p>Pakkauksessa annettavat ohjeet / asiakastiedotus</p>	<p>Leipä, mukaan lukien osittain paistetut tuotteet ja paahdettu leipä</p> <p>Leipä paistetaan vain vaalean väriseksi ja valkoisessa leivässä mitatut AA-pitoisuudet ovat yleensä vähäisiä (5–10 ug/kg). Leipää saatetaan kuitenkin vielä jatkokäsitellä paahtamalla. Tästä syystä on tärkeää, että leipä paahdetaan vain vaalean kullaväriseksi.</p> <p>Yhä suurempi osa teollisesta leipätuotannosta toimitetaan paistettavaksi tehtaan ulkopuolella. Tällaiset tuotteet paistetaan vain osittain ja sitten pakastetaan. Ensimmäisen paistovaiheen aikana ei ole vaaraa AA:n muodostumisesta. Leipomom vähittäismyymälässä tapahtuvaa lopullista paistoprosessia varten on laadittava selkeät käyttöohjeet (paistoaika ja -lämpötila).</p>
-----------------------------	---	---

Kahvi, paahdetut pavut ja kahvin korvike

1. Maanviljely: Pelkistävät sokerit

Kehitystyö	<p>Ei korrelaatiota AA:n muodostumisen kanssa</p>	<p>Kahvi Vihreiden papujen (Robusta, Arabica) sokeripitoisuus ei näytä korreloivan paahdamisen aikana muodostuvan AA-pitoisuuden kanssa.</p> <p>Pääasiassa viljapohjaiset kahvin korvikkeet Viljojen, kuten ohran, sokeripitoisuus ei näytä korreloivan paahdamisen aikana muodostuvan AA-pitoisuuden kanssa.</p> <p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet) Inuliinia ja sakkaroosia noin 67 g/100 g kuivattua sikuria ja pelkistäviä sokereita noin 1,9 g/100 g (kuivapainosta). Nämä määrät kasvavat huomattavasti paahdamisen aikana. Sokeripitoisuuksien ja paahdonaikaisen AA:n muodostumisen välillä ei ole korrelaatiota.</p>
------------	---	---

2. Maanviljely: Asparagiini

Kehitystyö	<p>Vähentäminen ei ole mahdollista papujen valikoinnilla vapaan Asn:n vähäisen vaihtelun vuoksi. Marginaalisten reittien merkitystä ei vielä selvitetty</p> <p>Viljelyä koskevia näkökohtia ei ole tutkittu riittävästi ja niiden katsotaan ulottuvan pitkälle aikavälille</p>	<p>Kahvi Vihreissä kahvipavuisissa esiintyvän vapaan Asn:n pitoisuudet sijoittuvat hyvin suppealle vaihteluvälille, joka on yleensä 20–100 mg/100g. Tästä syystä AA-pitoisuuden hallitseminen tai vähentäminen ei ole mahdollista valikoimalla papuja, joiden vapaan Asn:n pitoisuus on suhteellinen matala. Paahdetuilla Robustapavuilla on raportoitu olevan keskimäärin hiukan korkeampi AA-pitoisuus, mikä saattaa joissain tapauksissa kertoa vihreiden papujen Asn-pitoisuudesta. Kuten FoodDrinkEuropen ja KOM:n vuonna 201 pidetyssä työpajassa todettiin, kahvin AA-muodostumisen mallinnustutkimukset tulevat olemaan tärkeitä yritettäessä selvittää, missä määrin Asn on keskeinen reagoiva aine ja missä määrin pienemmällä reiteillä (esimerkiksi termolyysistä johtuvalla proteiinien jakautumisella) on mahdollisesti vaikutusta tässä tuotekategoriassa.</p> <p>Pääasiassa viljapohjaiset kahvin korvikkeet Viljan (kuten ohran) Asn-pitoisuus on suhteellisen matala (noin 30 mg/100 g) ja se määrittää paahdetussa viljatuotteessa olevan lopullisen AA-pitoisuuden. Paahdetuissa viljatuotteissa on yleensä vähemmän AA:a, sillä korkeammassa paahdotilassa ja pidemmällä paahdotajalla AA hajoaa nopeasti.</p> <p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet) Vapaan Asn:n vaihteluväli sikurijuuressa on suhteellisen suppea (40–230 mg/100 g). Kokeilututkimuksissa on havaittu, että kuivatun sikurin Asn-pitoisuus korreloi AA:n muodostumisen kanssa.</p>
------------	--	---

Muita huomioon otettavia seikkoja

Muut "marginaaliset" muodostumisreaktiot, jotka eivät liity vapaaseen Asn:iin voivat nousta merkittäviksi AA:n muodostumisessa.

3. Resepti: Muut vähäiset valmistusaineet

Tutkimus	<p>Kalsium- ja magnesiumsuolat eivät ole tehokkaita kahvin AA-pitoisuuden vähentämisessä. Kalsiumin tai magnesiumin lisääminen on katsottu tutkimuksissa hyödyttömäksi tavaksi vähentää sikurin AA-pitoisuutta</p>	<p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet)</p> <p>Laboratoriotutkimuksissa on todettu, että paahdetun sikurin AA-pitoisuus laskee merkittävästi, kun sikuria liotetaan 2 tunnin ajan kalsium- ja/tai magnesiumsuolaliuoksessa. AA-pitoisuus laskee noin 40–95 prosenttia verrattuna käsittelemättömään sikuriin, joka oli paahdettu vastaavissa olosuhteissa (samassa lämpötilassa ja saman väriseksi)</p> <p>Vaikka nämä alustavat tulokset vaikuttavat lupaavilta, tutkimuksissa on tullut esiin useita ongelmia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Käsittely vaikutti merkittävästi tuotteiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. • Laajemmat kokeilut toivat esiin mikrobiologisia ja ekologisia ongelmia.
-----------------	--	--

4. Resepti: Laimennus ja kappaleen koko

Kaupallinen sovellus	<p>Reseptin muokkaaminen paljon AA:a muodostavien ainesosien osuuden vähentämiseksi</p>	<p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet)</p> <p>Sikurisisällön vähentäminen (esimerkiksi 3 prosentilla) kahvikorvikereseptissä ja sikurin osittainen korvaaminen (esimerkiksi paahdetulla ohralla tai sikurikuiduilla) laskee AA-pitoisuutta mutta voi vaikuttaa tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin.</p>
-----------------------------	---	---

5. Jalostus: Asparaginaasi

Asparaginaasientsyymien lisääminen kahviin voi olla hyödyksi erityisesti höyrykäsittelyissä Robustapavuissa.

Kahvi

Kahviteollisuuden laboratoriokokeissa ja tehdaskokeiluissa AA-pitoisuuden vähentämispotentiaaloin on havaittu olevan 5–45 prosenttia riippuen i) vihreän kahvin tyypistä ja ii) vihreän kahvin entsyymikäsittelyn olosuhteista verrattuna käsittelemättömään kahviin, jota on paahdettu samoissa olosuhteissa. Robustakahvilla tehdyt tuoreet kokeilut osoittavat, että pelkkä entsyymiprosessi johtaa vähennykseen todennäköisemmin vaihteluvälin alemmassa päässä ja että entsyymiprosessin ja vihreän kahvin höyrytysprosessin yhdistelmä voi johtaa vähennyksiin vaihteluvälin ylemmässä päässä.

Jatkotutkimuksissa on suositeltavaa huomioida seuraavat havainnot ja näkökohdat:

- Edellä kuvatut kokeilut on toteutettu vain laboratorio-/kokeilutehdasoloissa. Ennen toimenpiteen ottamista laajempaan käyttöön laboratorio-/kokeilutehdasoloissa käytettyjen käsittelyolosuhteiden soveltuvuus kaupalliseen tuotantoon on arvioitava. Arvioinnissa on huomioitava myös lopullisen tuotteen elintarviketurvallisuus (erityisesti mikrobiologinen turvallisuus) ja sen vaikutus kestävään kehitykseen (erityisesti energiankäyttöön).
- Mahdollinen vihreän kahvin entsyymiprosessi on uusi ja täydentävä prosessi paahdetun ja pikakahvin valmistukseen. Tätä prosessia ei voi sisällyttää nykyisiin paahdetun kahvin tuotantoprosesseihin ja se vaatii uusien tehtaiden ja tilojen toteuttamista lukuun ottamatta nykyisiä kofeiininpoistolaitteistoja ja vihreän kahvin höyrykäsittelylaitteistoja, jotka voidaan muuntaa entsyymiprosessiin soveltuviksi.
- Makumuutosten hyväksyttävyyden arvioitava tapauskohtaisesti riippuen vihreän kahvin tyypistä, entsyymikäsittelyn kahvin osuudesta kahvisekoituksessa sekä tuotteen laatutavoitteista. Aiempien kokeilujen tulokset ovat osoittaneet, että käsittelyprosessi voi vaikuttaa kahvin makuun merkittävästi ja haitallisesti. Erityisesti Arabica-kahvipapujen, jotka tunnetaan niiden erinomaisesta vaikutuksesta lopullisen kahviuoman makuun ja aromiin, maun on katsottu kärsivän (saavan sivumakuja) käytetyistä prosessiolosuhteista ja olosuhteista riippuen. Asparaginaasiprosessin käyttäminen vihreisiin Robusta-kahveihin, jotka höyrykäsittellään samanaikaisesti maun muuttamiseksi, tuottaa todennäköisesti maun kannalta hyväksyttävän tuloksen, koska höyrykäsittely aiheuttaa tarkoituksellisesti voimakkaamman maunmuutoksen ja koska tämän ainesosan osuus lopullisesta kahviseoksesta on tyypillisesti pieni.

Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet)

Laboratoriotesteissä todettiin, että raa'an sikurin AA-pitoisuus laski jopa 70 prosenttia, kun sitä käsiteltiin useiden tuntien ajan oikean lämpöisessä asparaginaasiliuoksessa. Tällä käsittelyllä on kuitenkin merkittäviä vaikutuksia lopullisen tuotteen laatuun ja mikrobiologiseen turvallisuuteen.

6. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus

Kehitystyö	<p>Uusia paahtotekniikoita on testattu, mutta viitteitä AA-pitoisuuden vähentämismahdollisuuksista ei ole</p>	<p>Kahvi</p> <p>AA:n muodostuminen alkaa nopeasti paahtamisen käynnistyttyä. AA-pitoisuus saavuttaa huippunsa paahtoajan ensimmäisellä puoliskolla ja alkaa sen jälkeen laskea. Lopputuotteen AA-pitoisuus on vain 20–30 prosenttia huipputasosta. Lopullinen pitoisuus riippuu paahton tavoitetummuudesta ja paahton kokonaisajasta. Tummempi paahtaminen ja paahtoajan pidentäminen laskemalla lämpötilaa vähentävät AA-pitoisuutta mutta molemmat muuttujat on määritettävä tarkasti halutun maun saavuttamiseksi.</p> <p>Useimmista muista elintarvikeluokista poiketen kahvin AA-pitoisuus laskee lämpötehon lisääntyessä ja paahton ollessa tummempi. Korkeissa lämpötiloissa, jollaisia käytetään kahvia paahtettaessa, AA:n kulumiseen johtavat reaktiot vallitsevat paahton loppupuolella. Näiden reaktioiden toimintaa ei vielä tunneta mutta hypoteesia tukevat mallinnsjärjestelmissä tehdyt tutkimukset, jotka todistavat AA-pitoisuuden nousevan ja sen jälkeen laskevan lämpötilan johdosta. Reaktio voi selittyä AA:n polymerisaatiolla tai reaktiolla elintarvikkeen ainesosien kanssa.</p> <p>Uusia/vaihtoehtoisia paahtomenetelmiä on testattu. Höyry-/paine-paahtoa käyttävässä kokeilutehdasyksikössä saatiin aikaan 10 prosentin vähennyspotentiaali verrattuna vastaavanlaatuiseen perinteisesti paahtettuun kahvinäytteeseen; tämä ei vaikuta tarjoavan merkittäviä vähennysmahdollisuuksia.</p> <p>Pääasiassa viljapohjaiset kahvin korvikkeet</p> <p>Viljoissa (kuten ohrassa) AA:a muodostuu yli 120°C:n lämpötilassa ja korkeintaan 150°C:ssa. Yli 150°C:n lämpötilassa AA-pitoisuus laskee paahtamisen jatkuessa. Lopputuotteen AA-pitoisuus on vain 20–40 prosenttia huipputasosta. Lopullinen pitoisuus riippuu paahton tavoitetummuudesta. Tummempi paahtaminen vähentää AA-pitoisuutta mutta tämä muuttuja on määritettävä tarkasti halutun maun saavuttamiseksi.</p> <p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet)</p> <p>Sikurissa AA:a muodostuu yli 130°C:n ja enintään noin 145°C:n lämpötilassa. Yli 150°C:ssa AA-pitoisuus laskee nopeasti prosessiin liittyvän hävikin vuoksi. Värin kehittyminen >150°C:ssa karamelloitumisen vuoksi (sakkarosin hajoaminen). Paahtolämpötilan laskeminen ja samanaikainen paahtoajan pidentäminen edistää AA:n häviämistä. Ylipaahtaminen (lämpötilan nostaminen yli 150°C:een ja/tai paahtoajan pidentäminen) on siis mahdollinen AA:n vähennyskeino. Tämä voimakas lämpökäsittely vaikuttaa merkittävästi lopullisen tuotteen laatuun (värin kehittymiseen, maun muuttumiseen) ja sen hyväksyttävyyteen kuluttajan kannalta (erityisesti perinteisten tuotteiden, kuten paahtetun sikurin, tai sikurin ja kahvin sekoitusten osalta).</p>
------------	---	--

Muita huomioon otettavia seikkoja

Kahvia koskevat tulokset ovat johtaneet päätelmään, että AA-pitoisuuden vähentämisessä voidaan käyttää vain hyvin rajattua määrää prosessivaihtoehtoja sen vaikuttamatta tuotteen laatuun/kuluttajien hyväksyntään. Lisäksi AA:a vähentäviä toimenpiteitä tarkasteltaessa on tarkistettava, että toimenpiteet eivät lisää muiden prosessin aikana syntyvien vieraiden aineiden, kuten furaanin, pitoisuuksia.

7. Jalostus: Esikäsittely

Kehitystyö	<p>Vihreiden papujen esikuivatus ja kofeiinin poistaminen eivät vaikuta merkittävästi AA-pitoisuuteen</p>	<p>Kahvi</p> <p><u>Vihreiden papujen esikuivatus:</u> Vihreiden papujen kuivattaminen alhaisempaan kosteussisältöön ennen paahtamista (vihreän kahvin tyyppillisestä 10–12 prosentin kosteussisällöstä noin 7 prosenttiin) ei vaikuttanut paahtetun tuotteen AA-pitoisuuteen.</p> <p><u>Kofeiinin poistaminen:</u> Kokeiluissa on osoitettu, että kofeiinittomien kahvien paahtaminen (kaupallisesti merkittävien kofeiinin poistomenetelmien mukaisesti) johti samansuuruisiin AA-pitoisuuksiin kuin vastaavien käsittelemättömien kahvien paahtaminen paahtettaessa verrattavissa paahto-olosuhteissa.</p> <p>Pääasiassa viljapohjaiset kahvin korvikkeet</p> <p>Liottaminen on yleinen viljoille ennen paahtamista tehtävä käsittely. Liottaminen ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi AA:n muodostumiseen.</p>
-------------------	---	---

8. Jalostus: Lopputuotteen väri

Kaupallinen sovellus	<p>Väri on tärkeä prosessissa valvottava tekijä ja yhteydessä tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin</p>	<p>Kahvi</p> <p>Väri on tärkeä paahton tummuuden mittari ja suoraan yhteydessä tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Tummemmaksi paahtetuissa kahveissa on vähemmän AA:a kuin vaaleammaksi paahtetuissa (katso lisätietoja osasta "Jalostus: lämpöteho ja kosteuden valvonta").</p> <p>Pääasiassa viljapohjaiset kahvin korvikkeet</p> <p>Väri on tärkeä paahton tummuuden mittari ja suoraan yhteydessä tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin.</p> <p>Muut kahvin korvikkeet (esimerkiksi pääasiassa sikuripohjaiset korvikkeet)</p> <p>Väriin kehittyminen on seurausta pääasiassa sokerien karamelloitumisesta, ja väri on tärkeä paahtoasteen määrittäytapa ja kuluttajien hyväksyntään vaikuttava ominaisuus.</p>
-----------------------------	---	--

Muita huomioon otettavia seikkoja

Kahvin kohdalla tummemmaksi paahtamista ei pidetä mahdollisena AA-pitoisuuden vähentämiskeinona tuotteen aistinvaraisten ominaisuuksien tärkeyden vuoksi. Lisäksi on huomioitava, miten prosessin muutokset vaikuttavat toivottavien ainesosien pitoisuuksiin (esimerkiksi antioksidanttikapasiteettiin: tutkimukset ovat osoittaneet, että AA-pitoisuuden laskiessa tummaksi paahtettaessa radikaalien sitomiskapasiteettina in vitro -mitattu antioksidanttitoiminta vähenee myös) ja muiden ei-toivottujen tuotteiden muodostumiseen äärimmäisissä paahto-

9. Jalostus: Koostumus/maku

Yleisiä huomioita

Kahvin kohdalla aistinvaraiset ominaisuudet määritetään tarkkaan valitsemalla vihreät kahvilajikkeet, paahto-olosuhteet ja prosessitekniikat huolellisesti. Maku ja aromit ovat ratkaisevan tärkeitä tuotteiden ominaislaadun kannalta ja olemassa oleviin tuotteisiin tehtävät pienetkin lajikkeen tai tekniikan muutokset vaikuttavat merkittävästi aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja sitä kautta kuluttajien hyväksyntään.

10. Viimeistely: Kuluttajien ja ravintoloiden ohjeistaminen

Yleisiä huomioita

Tavanomaiset kahvinkeittolaitteet siirtävät AA:n juomaan lähes kokonaisuudessaan. Paahtetun kahvin ja pikakahvin kuppi-/juomapitoisuudet ovat samansuuruiset. Espressokeitäminen saattaa kuitenkin vähentää AA:n siirtymistä juomaan erityisten uuttamisolosuhteiden vuoksi. Pikakahvi verrattuna paahtettuun kahviin: Pikakahvissa AA uutetaan tehokkaasti ja se siirtyy lopulliseen pikakahviin. Kahvin valmistamisen/keitämisen jälkeen paahtetun kahvin ja pikakahvin kuppi-/juomapitoisuudet ovat samansuuruiset tyyppillisten reseptien erilaisuuden vuoksi (noin 5–7 g paahtettua kahvia vastaa noin 2:ta g pikakahvia kuppia kohti).

Lasten keksit, lasten aamiaisviljajavalmisteet ja muut kuin viljapohjaiset vauvanruoat

1. Resepti: Muut vähäiset valmistusaineet

Kaupallinen sovellus	Joitain tekniikoita käytettäessä on vältettävä lisäämästä valmistusaineita, jotka voivat lisätä pelkistävien sokerien määrää reseptissä	<p>Lasten aamiaisviljajavalmisteet</p> <p>Valssikuivatuissa lasten aamiaisviljajavalmisteissa lopullisen tuotteen AA-pitoisuus kasvaa lisättäessä tuotteeseen täysjyvää ja pelkistäviä sokereita (esimerkiksi hedelmiä, hunajaa tai fruktoosia).</p>
Kaupallinen sovellus	Resepti voi vaikuttaa vauvan purkkiruokien AA-pitoisuuteen	<p>Muut kuin viljapohjaiset vauvanruoat</p> <p>Tuotteet, jotka sisältävät bataattia ja luumuja ovat riskialttiimpia, sillä ne sisältävät suhteellisen paljon AA:n esiasteita. Luumuja käsiteltäessä kuivausprosessin lämpökäsittelyn optimointi (kuivausajan/lämpötilan vähentäminen) voi olla tehokas keino.</p>
	Resepti vaikuttaa merkittävästi AA-pitoisuuteen	<p>Lasten keksit</p> <p>Mikäli resepti sisältää täysjyvää tai pelkistäviä sokereita, lopullisen tuotteen AA-pitoisuus voi nousta korkeaksi kaikissa kekseissä.</p>

Tärkeitä huomioita

Lämpötilan muutokset (laskeminen) vauvanruoan AA-pitoisuuden vähentämiseksi on harkittava tarkkaan (AA-riskiä vakavampien) mikrobiologisten riskien välttämiseksi.

2. Jalostus: Asparaginaasi

Kaupallinen sovellus	Asparaginaasi on erittäin tehokas joissain lasten aamiaisviljajavalmisteiden tuotantoprosesseissa	<p>Lasten aamiaisviljajavalmisteet</p> <p>Lasten aamiaisviljajavalmisteiden tuotannossa käytetään eri tekniikoita, kuten ekstruusiota ja valssikuivausta. Useimmat valmistusaineet sisältävät suuren osan viljajauhoja ja resepteissä on yleensä suuri kosteuspitoisuus märkäsekoituksen hydrolyysivaiheessa, mikä mahdollistaa asparaginaasin käytön.</p> <p>Asparaginaasin lisääminen voi vähentää Asn-pitoisuutta huomattavasti (jopa 80 prosenttia) sillä edellytyksellä, että inkubaatio-/viipymäaika, lämpötila ja sekoitusolosuhteet hallitaan.</p>
-----------------------------	---	---

Kaupallinen sovellus	Asparaginaasi voi olla tehokas ratkaisu lasten kekseissä	<p>Lasten kekseit</p> <p>Asparaginaasia voidaan lisätä märkäsekoitusvaiheessa valvotuissa aika- ja lämpötilaoloissa. Lasten kekseissä/välipaloissa on havaittu tekniikasta riippuen 30–60 prosentin vähennyksiä.</p>
-----------------------------	--	---

3. Jalostus: Lämpöteho ja kosteus

Kaupallinen sovellus	Lämpöteho on tehokas keino mutta tietyissä rajoissa	<p>Muut kuin viljapohjaiset vauvanruoat</p> <p>AA-pitoisuuden vähentämistekniikaksi on havaittu lämpökäsittelyn optimointi, toisin sanoen ajan lyhentäminen/lämpötilan laskeminen. Lämpökäsittelyssä on kuitenkin noudatettava vähimmäisaikaa/-lämpötilaa kaupallisen steriiliyden varmistamiseksi.</p>
-----------------------------	---	--

Tärkeitä huomioita

Lämpötilan muutokset (laskeminen) vauvanruoan AA-pitoisuuden vähentämiseksi on harkittava tarkkaan (AA-riskiä vakavampien) mikrobiologisten riskien välttämiseksi.

Lisätietoja

Yleistä

Codex CODE OF PRACTICE FOR THE REDUCTION OF ACRYLAMIDE IN FOODS, (CAC/RCP 67-2009). Viitattu 27.3.2011: /download/standards/11258/CXP_067e.pdf.

HEATOX Final Report, 12. huhtikuuta 2007. Viitattu 27.3.2011 (www.heattox.org). Halford, N. G., Curtis, T. Y., Muttucumaru, N., Postles, J., Elmore, S. J. ja Mottram, D. S. (2012) *Journal of Experimental Botany*, 63 (8): 2841–2851.

Jin, C., Wu, X., Zhang, Y. (2013) *Food Res. Int.*, 51 (2), ss. 611–620.

FAO:n ja WHO:n yhteinen elintarvikelisäaineita käsittelevä asiantuntijakomitea (JECFA): Seventy-second meeting, Rooma, 16.–25. helmikuuta 2010. Viitattu 27.3.2011 http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf.

Lineback, D.R., Coughlin, J.R., Stadler, R.H. (2012) *Annual Review of Food Science and Technology*, 3 (1):15–35.

Mariotti, S., Pedreschi, F., Carrasco, J.A., Granby, K. (2011) *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*, 3(3):158-171.

Pedreschi, F., Mariotti, M.S., Granby, K. (2014) *J Sci Food Agric*. 94(1):9–20.

Seal, C. J.; de Mul, A.; Eisenbrand, G.; Haverkort, A. J.; Franke, K.; Lalljie, S. P. D.; Mykkanen, H.; Reimerdes, E.; Scholz, G.; Somoza, V.; Tuijelaars, S.; van Boekel, M.; van Klaveren, J.; Wilcockson, S. J.; Wilms, L. (2008) *British J. Nutr.* 99 (Suppl. 2): S1–S46.

Taeymans, D., Ashby, P., Blank, I., Gondé, P., van Eijck, P., Lalljie, S., Lingnert, H. Lindblom, M., Matissek, R., Müller, D., O'Brien, J., Stadler, R.H., Thompson, S., Studer, A., Silvani, D., Tallmadge, D., Whitmore, T., Wood, J. (2004) *Crit. Rev. Food Sci & Nutr.* 44:323–347.

Taeymans, D., Andersson, A., Ashby, P., Blank, I., Gonde, P., van Eijck, P., Faivre, V., Lalljie, S.P., Lingnert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Muller, D., Stadler, R.H., Studer, A., Silvani, D., Tallmadge, D., Thompson, G., Whitmore, T., Wood, J., Zyzak, D. (2005) *J. AOAC Int.* 88:234-241.

Wenzl, T.; Szilagyi, S.; Rosen, J.; Karasek, L. (2009) *Food Addit. & Contam.*, Part A, 26:1146–1152.

Perunatuotteet

Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M.F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., Amado, R. (2003) *J. Agric. Food Chem.* 51:5556–5560.

Anese, M, Quarta, B., Frias, J. (2011) *Food Chem.* 126: 435–440.

Becalski, A.; Stadler, R.; Hayward, S.; Kotello, S.; Krakalovich, T.; Lau, B. P.-Y.; Roscoe, V.; Schroeder, S.; Trelka, R. (2010) *Food Addit. & Contam.* 27: 1193–1198.

Brathen, E., Kita, A., Knutsen, S.H.: Wicklund, T. (2005) *J. Agric. Food Chem.* 53:3259–3262.

Claeys, E.L., de Vleeshouwer, K., Hendrickx, M.E. (2005) *Biotechnology Progress* 21:1525–1530.

De Meulenaer, B. and Verhe, R. Agripom Project Summary, Gentin yliopisto, Belgia, syyskuu 2004.

De Wilde T., De Meulenaer, B., Mestdagh, F., Govaert, Y., Vandeburie, S., Ogghe, W., Fraselle, S., Demeulenemeester, K., Van Peteghem, C., Calus, A. (2006) *J. Agric. Food Chem.* 54:404–408.

Elmore, J. S., Mottram, D. S., Muttucumaru, N., Dodson, A. T., Parry, M. A. J., Halford, N. G. (2007) *J. Agric. Food Chem.* 55: 5363–5366.

Elmore, J.S., Dodson, A.T., Muttucumaru, N., Halford, N.G., Parry, M.A.J., Mottram, D.S. (2010) *Food Chem.* 122: 753–760.

Fiselier, K., Hartmann, A., Fiscalini, A., Grob, K. (2005) *Eur. Food Res. Technol.* 221:376–381.

Fiselier, K., Bazzocco, D., Gamma-Baumgartner, F., Grob, K. (2006) *Eur. Food Res. Technol.* 222:414–419.

- Foot, R.J., Haase, N.U., Grob, K., Gonde, P. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1): 37–46.
- Halford, N. G., Muttucumaru, N., Curtis, T.Y., Parry, M.A.J. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1): 26–36.
- Higley J., Kim J., Huber K.C., and Smith G. (2012), *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 8763–8771
- Powers, S.J., Mottram, D.S., Curtis, A., Halford, N.G. (2013) *Food Addit. & Contam. - Part A* 30(9): 1493–1500.
- Low, M.Y., Koutsidis, G., Parker, J.K., Elmore, J.S., Dodson, A.T., Mottram, D.S. (2006) *J. Agric. Food Chem.* 54:5976–5983.
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F., De Meulenaer, B. (2012) *Food Chem.*, 133: 1138–1154.
- Matsuura-Endo et al., (2006) *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70: 1173–1180.
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F., De Muer, N., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B. (2011) *J. Agric. Food Chem.*, submitted.
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F., Van Poucke, C., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B. (2011) Abstracts of Papers, 241st ACS National Meeting & Exposition, Anaheim, CA, Yhdysvallat, 31. maaliskuuta, sivut AGFD–84.
- Mestdagh, F. "Formation of acrylamide in potato products and its dietary exposure." Universiteit Ghent, PhD Thesis Chp. 7.4.2. s131–146.
- Parker, J.K., Balagiannis, D.P., Higley, J., Smith, G., Wedzicha, B.L., and Mottram, D.S. (2012) *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 9321–9331
- Rommens, C.M., Yan, H., Swords, C., Richael, C., Ye, J. (2008) *Plant Biotechn. J.* 6:843–853.
- Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Vázquez-Landaverde, P.A., Hidalgo, F.J., Zamora, R. (2012) *Food Chem.*, 135: 2293–2298.
- UK Food Standards Agency Home Cooking Report, 2007.
- Viklund, G. A. I.; Olsson, K. M.; Sjöholm, I. M.; Skog, K. I. (2010) *J. Food Comp. and Anal.* 23:194–198
- Vinci, R.M., Mestdagh, F., van Poucke, C., van Peteghem, C., de Meulenaer, B. (2012) *Food Addit. & Contam. - Part A* 29 (3): 362–370.
- Viljatuotteet** 2nd Review of Acrylamide Mitigation in Biscuits, Crackers and Crispbread. CAOBISCO, toukokuu 2008, saatavilla pyynnöstä osoitteesta caobisco@caobisco.be
- Ahrne, L., Andersson, C. G., Floberg, P., Rosen, J., Lingnert, H. (2007) *LWT - Food Science and Technology* 40:1708 – 1715.
- Amrein, T.M., Schönbächler, B., Escher, F., Amado, R. (2004) *J. Agric. Food Chem.* 52: 4282–4288.
- Amrein, T., Andres, L., Escher, F., Amado, R. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1):13–25.
- Amrein, T., FOODDRINKEUROPE/EC Acrylamide Workshop, Bryssel maaliskuu 2006, Amrein, T., Andres, L., Escher, F., Amado, R. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1):13–25
- Brathen, E., Kita, A., Knutsen, S.H., Wicklund, T. (2005) *J. Agric. Food Chem.* 53:3259–3262.
- Claus, A., Weisz, G. M., Schieber, A. Carle, R. (2006) *Mol. Nutr. Food Res.* 50: 87–93.
- Curtis, T. Y.; Muttucumaru, N.; Shewry, P. R.; Parry, M. A. J.; Powers, S. J.; Elmore, J. S.; Mottram, D. S.; Hook, S.; Halford, N. G. (2009) *J. Agric. Food Chem.* 57:1013–1021.
- Curtis, T. Y.; Powers, S. J.; Balagiannis, D. ; Elmore, J. S.; Mottram, D. S.; Parry, M. A. J.; Rakszegi, M.; Bedo, Z.; Shewry, P. R.; Halford, N. G. (2010) *J. Agric. Food Chem.* 58: 1959–1969.
- Elmore, J. S., Parker, J. K., Halford, N. G., Muttucumaru, N., Mottram, D. S. (2008) *J. Agric. Food Chem.* 56:6173–6179.
- Elmore, J.S., Koutsidis, G., Dodson, A.T., Mottram, D.S. & Wedzicha, B.L. (2005) *J. Agric. Food Chem.* 53:1286–1293.

FEI/BLL:n hanke "Acrylamid in Lebensmitteln: Strategien zur Minimierung". Project Review, 6. huhtikuuta, 2005, Bonn, Saksa.

Fink, M., Andersson, R., Rosén, J., Aman, P. (2006) *Cereal Chem.* 83: 218–222.

Fredriksson, H., Tallving, J., Rosén, J., Aman, P. (2004) *Cereal Chem.* 81:650–653.

Hamlet, C. G., Baxter, D. E., Sadd, P. A., Slaiding, I., Liang, L., Muller, R., Jayaratne, S. M., Booer, C. (2005), Exploiting process factors to reduce acrylamide in cereal-based foods, C03032 and C03026. Report C014 prepared on behalf of the UK Food Standards Agency. High Wycombe: RHM Technology Ltd.

Halford N. G., et al. (2012) The acrylamide problem : a plant and agronomic science issue. *Journal of Experimental Botany: J. Exp. Bot.* 63 (8): 2841–2851

Hamlet, C. G., Sadd, P. A., & Liang, L. (2008) *J. Agric. Food Chem.* 56: 6145–6153.

Hamlet, C. G., & Sadd, P. A. (2005) *Food Addit. & Contam.* 22: 616–623.

Hamlet, C. G., Sadd, P. A. (2004) Acrylamide generation in bread and toast. A report prepared for The Federation of Bakers. High Wycombe: RHM Technology Ltd.

Kaiser, H., Lehrack, A., Eigner, M., Voss, A., in: "Development of new procedures for heated potato and cereal products with reduced acrylamide contents. BLL/FEI Report 2008, Bonn, s. 38–59.

Konings, E.J.M, Ashby, P., Hamlet, C.G., Thompson, G.A.K. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1): 47–59.

Kukurová, K., Ciesarová, Z., Mogol, B.A., Açar, O.C., Gökmen, V. (2013) *Eur. Food Res. and Technol.* 237:1–8.

Muttucumaru, N., Elmore, J. S., Curtis, T., Mottram, D. S.,; Parry, M. A. J., Halford, N. G. (2008) *J. Agric. Food Chem.* 56(15): 6167–6172.

Sadd, P. A., Hamlet. C. G. & Liang, L. (2008) *J. Agric. Food Chem.* 56: 6154–6161.

Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R. ja Aman, P. (2004) *J. Agric. Food Chem.* 52: 2047–2051.

Kahvituotteet

Alves, Rita C.; Soares, C.; Casal, Susana; Fernandes, J. O.; Oliveira, M. Beatriz P. P. (2010) *Food Chem.* 119: 929–934.

Amrein, T., Limacher, A., Conde-Petit, B., Amado, R., Escher, F. (2006) *J. Agric. Food Chem.* 54:5910–5916.

Baum, M., Böhm, N., Görlitz, J., Lantz, I., Merz, K. H., Ternité, R., Eisenbrand, G. (2008) *Mol. Nutr. Food Res.* 52:600–608.

Boehm, N.; Baum, M.; Eisenbrand, G. (2006) Colloque Scientifique International sur le Café

Volume 21, 285–289.

Guenther, H., Anklam, E., Wenzl, T., Stadler, R.H. (2007) *Food Addit. & Contam.* 24(S1): 60–70.

Knol, J.J., van Loon, W.A.M., Linssen, J.P.H., Ruck, A.-L., van Boekel, M.A.J.S. & Voragen, A.G.J. (2005) *J. Agric. Food Chem.* 53: 6133–6139.

Lantz, I., Ternité, R., Wilkens, J., Hoenicke, K., Guenther, H., van der Stegen, G.(2006) *Mol. Nutr. Food Res.* 50:1039–1046.

Stadler, R.H. ja Scholz, G. (2004) *Nutrition Rev.* 62:449-467.

Summa, C.A., de la Calle, B., Brohee, M., Stadler, R.H., Anklam, E. (2007) *LWT–Food Science and Technology* 40:1849–18.