

Slutrapport

Projekt: SLF H0733488 och VL Stiftelsen: 07366

Akrylamid i spannmålsbaserade livsmedel – en effekt av odlingsteknik och sortval?

Anders Jonsson, Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara

Sune Eriksson, Er DevCo Consultants AB (tidigare anställning Lantmännen Analycen AB samt Eurofins Food and Agro AB)

Introduktion

Akrylamid, en industrikemikalie samt i livsmedel en sk. neo-kontaminant, som bl. a har visats att den spontant kan bildas vid värmebehandling av främst kolhydratrika livsmedel tillsammans med vissa kvävekällor. Den har rapporterats bildas vid fritering, rostning och bakning av livsmedel baserad på vete, majs, andra cerealier, potatis och från kaffe.

Akrylamidbildningen påverkas av samma faktorer som de som ger önskvärd smak och färg åt livsmedel sk. Maillard-reaktioner (Zhang & Zhang, 2007). Akrylamid klassas som trolig cancerogen för människa, klass 2A, av International Agency for Research on Cancer (IARC, 1994), men är dessutom neurotoxisk och uppges kunna störa reproduktionen. Akrylamid har arbetsmiljögränsvärden i luft på $30\mu\text{g}/\text{m}^3$, gränsvärdet i dricksvatten $0.1\mu\text{g}/\text{L}$, för kosmetika $100\text{--}500\mu\text{g}/\text{kg}$ samt migreringsgränsvärde från förpackning till livsmedel $10\mu\text{g}/\text{kg}$.

Akrylamidhalterna i livsmedel bevakas kontinuerligt av EU:s livsmedelssäkerhetsorgan, EFSA, för att avgöra om det finns behov av gränsvärden. Den senaste sammanställningen från EFSA 2007-2010 visar på att halterna som konsument utsätts för i Europa i stort sätt har legat still, trots en viss minskning i en del barnprodukter, och en ökning i kaffeprodukter. Man har tills vidare infört indikativa riktvärden (indicative value) för olika livsmedelsgrupper, och i upp till 20% av proven har överskridit riktvärdena. (EFSA 2012). Några gränsvärden finns alltså ännu ej för livsmedel inom EU, men i Tyskland arbetar man med ett aktionsvärde på $1000\mu\text{g}/\text{kg}$.

Det finns flera syntesvägar för bildning av akrylamid. I livsmedelsprodukter går den dominerande via aminosyran asparagin som tillsammans med reducerande socker (oftast fruktos eller glukos) bildar akrylamid. I spannmål anses asparagin vara den begränsande faktor av de två, medan det i t ex potatis och sparris är det glukos mängden som begränsar bildningen av akrylamid i livsmedlet. Andra faktorer som påverkar är temperatur, pH-värde, tid, vattenhalt mm under tillverkningsprocessen (Mustafa et al, 2005; Claus et al, 2006).

Stora ansträngningar har gjorts för att kartlägga förekomst i livsmedel, förstå kemin i samband med bildning och hur processteknik kan påverka bildning och sluthalten. Några spannmålsprodukter återfinns bland de livsmedel som uppvisar de högsta halterna. Det gäller olika typer av bröd men främst knäckebröd. Nyligen publicerad forskning visar att halterna i bröd kan variera avsevärt beroende på sortval, årsmån och växtnäringförsörjning under odlingen. Kunskapen rörande bildningen i råg liksom för vete odlad under svenska förhållanden är mycket begränsad, vilket inkluderar eventuell skillnad mellan svenska förhållanden och varierande odlingsplatser.

Det är flera faktorer i råvarorna, dvs spannmålen, som kan påverka innehållet av den begränsande faktorn asparagin. Faktorer som nämns är torka, parasitangrepp och svavelbrist (Lea et al 2007). Risk för svavelbrist i spannmålsodling, har ökat under senare år. I England upplever man att 23% av åkerarealen befinner sig riskzon (www.hgca.com). I Sverige uppmärksammades svavelbrist under senare delen av 1980-talet och gödselmedel med svavel introducerades. Men billiga N-gödselmedel med låga halter svavel finns även fortfarande på den svenska marknaden.

I odlingsförsök har akrylamid bildningen 5-dubblats i vete som har haft svavelbrist (Muttucumaru et al 2006). Granvogl et al (2007) studerade bröd bakat på vetemjöl från vete med låga halter av S ($< 0.13\%$ ansågs innebära brist) och med en N/S-kvot i kraftig obalans, dvs över 20 (i Sverige anses obalans föreligga vid en kvot på 18). I mjöl från vete med S-brist och hög N/S-kvot noterades en avsevärd akrylamidhalt ($1703\text{--}3124\text{ }\mu\text{g/kg}$ mjöl). Men eftersom svavelbrist även leder till försämrade bakningsförmåga (i e. glutenbildning), så blev Granvogl et al (2007) slutsats att det är liten risk att vetepartier med grav svavelbrist når till konsument. Frågan är emellertid intressant för cerealier som används i produkter där de degegenskaperna som ett väl fungerande gluten ger, inte är lika viktiga. Detta gäller till exempel för råg till knäckebröd. För råg verkar mer omfattande genomgångar saknas. Claus et al (2006) testade två partier råg i en undersökning av akrylamidbildning i samband med upphettning av vetemjöl. Det gör att motsvarande grundläggande undersökningar är viktig för råg. För svenska förhållanden saknas relevant publicerat material för råg och vete. Skälen att undersöka variationen i råg förstärks av att relativt många svenskar äter knäckebröd i avsevärda mängder. Enligt Svensson et al (2003), som citerar Riksmaten 1997-1998, äter 77% av svenska konsumenter knäckebröd, med en variation på 0-163 gram/dag, och median 8,6, med 95% kvartil vid 47 gram. Därtill kommer möjligheten att konsumenter kan favorisera mindre bagerier som försörjer sig med råvara från få odlare och för vilka enskilda partier från någon odlare kan utgöra råvara under längre tider. Detta skulle kunna innebära att partier med obalans i S-försörjningen kan bli ”stapelföda” för enskilda konsumenter!

Material och metoder

Prover från fältförsök och inleveranser

Från skörd 2008 samlades prover ihop från rikssortförsök med råg (6 st från L7-201), vete (4 st försök från M3-2277) och från försök med vete-sort-N-giva (2 st, L7-150-706). Vidare erhöles prover från SWSeeds sortprovning (20st) samt några från leveransprover till Lantmännens mottagningsstationer (10st). Totalt 196 prover tillgängliga och bland dem valdes 126 ut för analys av totalinnehåll av kväve och svavel. Alla prover från SWSeed och Lantmännen analyserades på N och S.

Provmaterial har även samlats in från sortförsök skörd 2009 (3 st L-7201), och några prover har erhållits från Lantmännens mottagningsstationer. Totalt 37 st prover från 2009 och avsikten var att analysera dem under vt-10 men vi beslöt att avvakta med analysen av dessa till hösten 2010. Detta för att kunna handla upp en större mängd analysarbete och även då innefattande sortprover från skörd 2010 och proverna från våra egna försök 2010.

Hösten 2009 startades enligt plan tre försök med 3 rågsorter (Kaskelott, Gimli, Amilo) och en vetesort (Olivin) för att försöka provocera bildning av akrylamid genom att skapa obalans mellan N och S, dvs hög N/S-kvot. Försöksplanen bestod av två N-givor, 60 och 200 N kg/ha med

och utan tillsatts av 20 S kg/ha i samband med N-gödsling på våren. Ogräsbekämpning och övriga Växtskyddsbehandlingar behovsanpassades av försöksutföraren, Hushållningssällskapen i Skara och i Örebro samt på SLU forskningsstation Lanna

Analys

Prover har analyserats för svavel, kväve, fria sockerarter och fria aminosyror. Alla analyserna har utförts hos Eurofins Food and Agro Sweden AB och Eurofins Environment Sweden AB, båda Lidköping, Sverige. Alla analyser är enligt uppgift ackrediterade enligt ISO17025.

Proven homogeniserades och maldes med en Perten 3100 hammarcyklon kvarn (Perten AB, Kungens Kurva, Sverige). Delprov av det finfördelade provet analyserades på totalhalt kväve (med Dumas principen), med en Leco FP-428 (LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA).

Totalhalten svavel analyserades med ELTRA CS-500 (ELTRA GmbH, Neuss, Tyskland). För fria aminosyror extraherades provet med 10% sulfosalicylsyra, och det proteinfria extraktet analyserades med en traditionell aminosyraanalysator, Biochrom 20 plus (Biochrom Ltd, Cambridge, England). Den arbetar med jonbyteskromatografi och post-kolonn derivatisering med ninhydrin. Fria mono- och disackarider extraheras med avjoniserat vatten (85°C), och analyseras med HPAEC (high pH anion exchange chromatography), med elektrokemisk detektor (Dionex, Sunnyvale, CA, USA).

För att bestämma den potentiella akrylamidbildning hos de malda proverna så hettades 15g malt prov upp till 180°C under 20 minuter (Muttucumaru *et al* 2006) i ett Termaks TS 4115 ventilerat torkskåp (Termaks AS, Bergen, Norge).

Värmebehandlade proven analyserades efteråt på akrylamid och mono- och disackarider samt fria aminosyror. Akrylamid analyserades med HPLC-MSMS efter extraktion, tillsats av intern standard enligt tidigare publicerad metodik (Tareke *et al* 2002, Eriksson & Karlsson 2005), med undantag att annat instrument användes, Applied Biosystems Sciex LC/MS/MS system 4000 (Foster City, CA, USA).

För att reducera kostnaderna för analyserna så fick laboratorierna genomföra analyserna när det passade dem bäst, vilket försenade projektet.

Resultat och diskussion

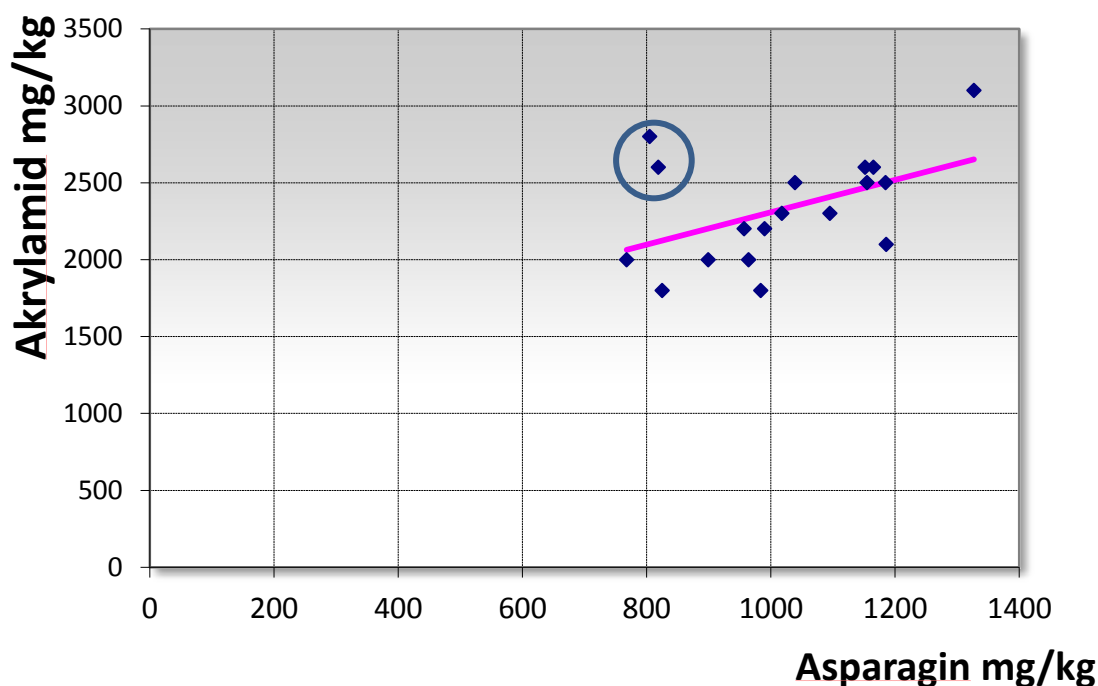
Spannmål som har låga halter av svavel kan misstänkas ha för höjd halt av asparagin (Lea *et al* 2007). En hög N-halt i kärnan och därmed en hög N/S-kvot kan förväntas innehålla mer fri asparagin. Avsikten med analysen av totalinnehåll av kväve och svavel var att identifiera prover med höga N/S-kvoter, dvs prover som kan förväntas ha höga halter av aminosyran asparagin och därmed benägenhet att bilda akrylamid vid upphettning.

Variation i N/S-kvot i materialet 2008 var mellan 11-16. Vi hade hoppats på större variation i N/S-kvot och på kvot upp mot 20, vilket har rapporterats av exempelvis Curtis (Curtis *et al.* 2010). Utifrån variation i N/S-kvot valdes 18 st prover för vidare analys och test av förmåga att bilda akrylamid vid upphettning. I urvalet ingick olika sorter och odlingsplatser. Dessa prover analyserade på aminosyra sammansättning inklusive asparagin (tabell1) och vattenlösliga mono- och disackarider (Tabell 1) och mjölet upphettades därefter för att bestämma potentialen att bilda akrylamid.

Förhoppning var att sambandet mellan N/S-kvot och akrylamid bildning var så bra att kvoten kan användas för upptäckt av riskpartier utan att en mycket dyrbar akrylamidanalys måste göras. Sambandet var emellertid alldeles för svagt för att kunna utnyttjas, $r^2=0,04$. Halten svavel eller socker ($r^2=0,07$) gav heller ingen tillfredställande korrelation med stigande halt av akrylamid. Halterna akrylamid låg mellan 1,8-3,2 mg/kg mjöl efter uppvärmningen. De noterade halterna ligger inom det haltområde som noteras i andra modellbehandlingar men lägre än vad som observerats i somliga livsmedel och att relationen är densamma mellan vete och råg (Claus et al 2006).

Sortskillnader i material från 2008

Sambandet mellan halten asparagin och bildad akrylamid var relativt stark (figur 3).

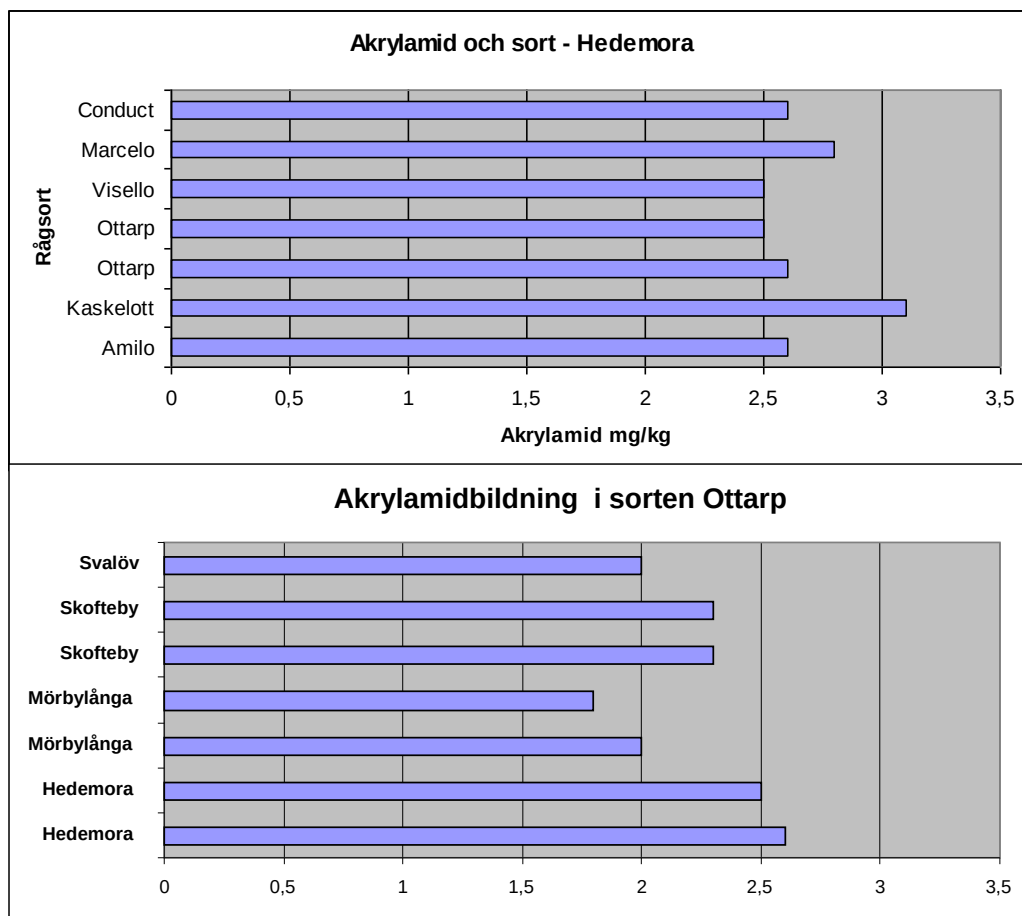


Figur 1. Samband mellan asparagin i rågmjöl och bildning av akrylamid vid upphettning (180°C/20 min) ($r=0,47$)

Speciellt om två avvikare (inringade i figur 1) utelämnas ur beräkning, ($r= 0,69$). De två avvikarna var sorterna Amilo och Marcello från samma försöksplats (Hedemora).

Materialet är litet och inga tydliga sortskillnader kan ses men några iakttagelser kan göras. Sorten Ottarps bildning av akrylamid varierar avsevärt mellan de fyra försöksplatserna (figur 2ab). Halterna ligger mellan 1,8-2,6 mg/kg, att jämföra med den totala variationen i akrylamidbildning i hela försöksmaterialet på 1,8-3,2 mg/kg mjöl. Förmågan att bilda akrylamid bestämdes för 7 sorter på en plats Hedemora. Här var nivåerna överlag de högsta och sorten Ottarp hade här sina högsta värden av bildad akrylamid. Detta kan indikera att ett platsberoende kan föreligga. Detta är inte förvånande eftersom det är välkänt att

sammansättningen i kärna variera mellan olika odlingsplatser. Men detta handlar här om en spekulaton som måste verifieras med ytterligare analyser i sortförsök!



Figur 2. a Akrylamidbildning i sorten Ottarp från 4 st försöksplatser(n=2).

4b. Akrylamid bildning i 7 sorter från Hedemoraförsöket.

Resultat i 2009/10 års fältförsök

För att studera effekten av hög N/S-kvot och svavelgödsling lades det ut fältförsök under 2009/10. Ett försök i Örebro utvintrade men de på Lanna och Gruvad i Västergötland övervintrade, men av budgetskäl analyserade endast skörden från Gruvad på sin förmåga att bilda akrylamid. Halterna av svavel i marken analyserades hösten 2009 och var låg, speciellt i Gruvad (2,7mg/kg sulfat-svavel i jorden). En växtanalys i försöket i Gruvad under sommaren visade en N/S kvot i vetegrödan på 17,3, vilket är precis vid gränsen för obalans och svavelbrist i grödan (Bertilsson 1993).

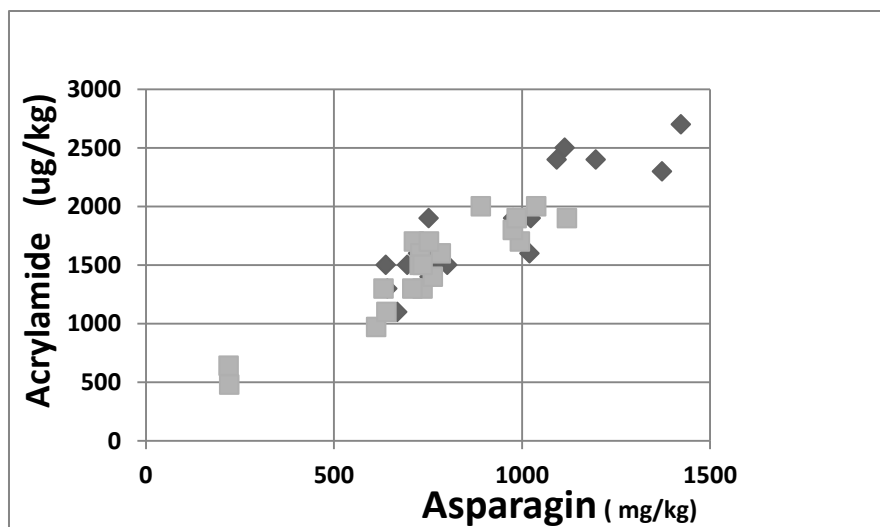
I den skördade spannmålen varierade kvävehalten mellan 1.0-2.7% och S-innehållet mellan 0.09-0.18%. Detta resulterade i en N/S-kvot mellan 10-18.5. Vi lyckades alltså få till en hög N/S –kvot i detta fältförsök. Det innebar att chanserna att få skillnader i akrylamidbildande förmåga ansågs vara högst i materialet från försöket på Gruvad.

Nivån av fri asparagin (Asn) varierade mellan 220 to 1430 mg/kg (Tabell 2) och en god korrelation ($r=0,91$) uppnåddes mellan bildad mellan bildad akrylamid och innehållet av asparagin (Figur 3). Curtis och medarbetare har rapporterat att asparaginhalten i vete påverkar

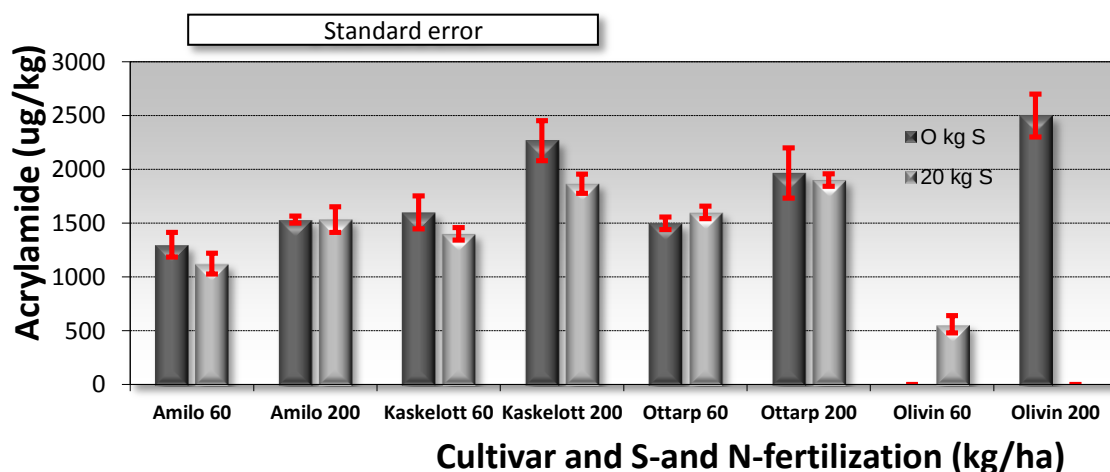
halten bildad akrylamid mer än motsvarande halt i råg (Curtis et al 2010), vilket våra resultat inte stödjer. Våra halter i vete och råg ansluter till en och samma linje (figur 5).

Den högsta halten, 2700 µg/kg, och lägsta, 470 µg/kg, av bildad akrylamid observerades hos vetesorten Olivin. Vetesorten Olivin låg med i fältförsöket för att ge möjlighet till en jämförelse mellan råg och vete. Den högsta halten bildad akrylamid i en rågsort bildades i Kaskelott, som hade gödslats med 200 kg N (Figur 4).

Gödsling med svavel på våren reducerade avsevärt bildningen av akrylamid i Olivin-vetet. Olivin gödslat med 60 kg N och 20 kg S hade den lägsta halten akrylamid i undersökningen. Svaveltillförseln sänkte också halten bildad akrylamid i alla behandlingarna i rågsorterna förutom för Ottarp gödslad med 60 N.



Figur 3. Fri asparagin och halten bildad akrylamid i råg och vete. Grå fyrkanter, +20 S kg/ha svaveltillförsel. Olivin (vete) med den lägsta halten (60 N+20 S kg/ha) och högsta halten asparagin (200 N kg/ha utan S-tillförsel). ($r=0,91$)

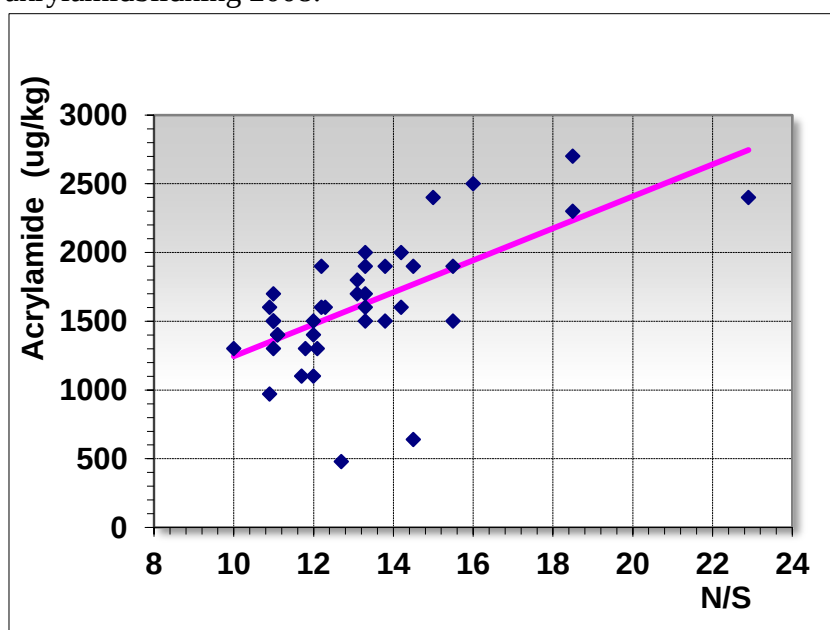


Figur 4. Effekt av tillsats av 20 kg S/ha på bildningen av akrylamid i upphettad mald spannmål. Olivin är en vetesort.

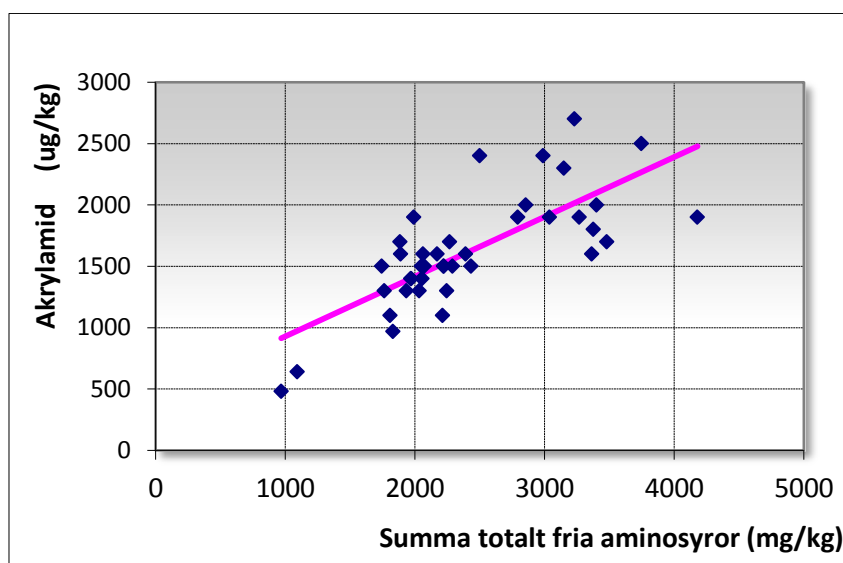
I detta material var korrelationen mellan N/S och bildad akrylamid god, $r=0,63$ (Figur 5)

Detta avviker från det svaga samband som noterats i vårt mer heterogena provmaterialet med en lägre N/S-kvot från 2008. Det är emellertid inte förvånande att ett mer sammanhållet material från en försöksplats uppvisar bättre korrelation. En slutsats är möjligen att riktigt höga N/S kvoter och låg S-halt kan indikera partier med hög förmåga att bilda akrylamid.

En god korrelation observerades också i det väl sammanhållna försöksmaterialet mellan totalhalt fria aminosyror och fri asparagin i analyserat material (Figur 6). Om detta är ett generellt fenomen, medför det att analysmetoder för att uppskatta potentialen att bilda akrylamid skulle kunna vara en analysmetod som är relaterad till halten fria aminosyror. Tyvärr bestämdes inte alla fria aminosyror i materialet inför första omgångens test av akrylamidbildning 2008.



Figur 5. Korrelation mellan N/S i spannmål på bildning av akrylamid i upphettad mald hel spannmål, ($r=0,63$). Försöket på Gruvad.



Figur 6. Korrelation mellan totalhalten fria aminosyror och bildad akrylamid (råg och vete), ($r=0,56$).

216
 217 Förutom de ”vanliga aminosyrorna” (tabell 2) så analyserades även mindre vanliga
 218 aminosyror och liknande föreningar (som ger positivt utslag med använd teknik) men många
 219 låg under detektionsgränsen på <3 mg/kg. Det gällde citrullin, β -aminoisosmörtsyra, L-
 220 homocystin, sarcosin, cystationin, α -aminoadiptinsyra, hydroxyproline, γ -hydroxylysin, α -
 221 amino-n-smörtsyra, β -alanin, 3-metylhistidin, anserin och carnosin.
 222 I tabell 2 ingår både aminosyror och andra liknande ämnen som reagerar med ninhydrin. Alla
 223 räknas ihop i summan totalhalt fria aminosyror eftersom det är vad som kommer att hända när
 224 man gör analyser med reagenset och inte har en avslutande kromatografi för att separera de
 225 olika komponenterna. I tabellen ser man även att klart dominerande ämnena är aminosyrorna.
 226 Utmärkande för dem är att de har åtminstone en fri NH₂-grupp. Det finns flera andra metoder
 227 för detektera ”fria aminogrunder” och eventuellt skulle en bestämning av dessa fria grupper
 228 kunna ge en indirekt skattning av halten asparagin i råg!

229
 230 Sammanfattningsvis visar resultaten:

- 231 - att halten av asparagin i råg korrelerar väl mot förmågan att bilda akrylamid vid
- 232 upphettning av mjöl både hos råg hämtat från olika odlingsplatser och från en enskild
- 233 försöksplats.
- 234 - att N/S-kvoten verkar vara en svag och osäker indikator för att prediktera hög förmåga
- 235 att bilda akrylamid. Det tycks gälla framför allt i ett material med olika odlingshistora.
- 236 - att på fält med låg S-status i marken så kunde förmågan att bilda höga halter akrylamid
- 237 avsevärt reduceras med S-gödsling, speciellt gällde detta för vete, eg Olivin
- 238 - att en och samma rågsort uppvisade stor variation i bildningen av akrylamidhalt i mjöl
- 239 från olika odlingsplatser och att halterna varierade mellan sorter från samma
- 240 odlingsplats
- 241 - att vete sorten, Olivin, hade större förmåga att bilda akrylamid än flera rågsorter
- 242 odlade på samma fält
- 243 - att halten fria aminosyror skulle kunna vara en indikator på förmåga att bilda
- 244 akrylamid hos ett spannmålsparti. Men det krävs större provmaterial för att dra en
- 245 säker slutsats

246 Referenser

247 Bertilsson G 1993. Svavel ett aktuellt växtnäringsämne. Växtpressen 4,
 248 Claus, A., Schreiter, P., Weber, A., Graeff, S., Herrmann, W., Claupein, W., Schieber, A., Carle, R.
 249 2006. Influence of agronomic factors and extraction rate on the acrylamide contents in yeast-leavened
 250 breads. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 8968-8976.
 251 Curtis, T.Y., Powers, S.J., Balagiannis, D., Elmore, J.S., Mottram, D.S., Parry, M.A., Rakszegi, M.,
 252 Bedö, Z., Shewry, P.R. & Halford, N.G., 2010. Free amino acids and sugars in rye grain: Implications
 253 for acrylamide formation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 1959-1969.
 254 EFSA. Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. EFSA Journal 2012,
 255 10), 2938, 38 pp
 256 Eriksson, S. & Karlsson, P. 2006 Alternative extraction techniques for analysis of acrylamide in food:
 257 Influence of pH and digestive enzymes. LWT, 39, 392-398.
 258 Granvogl, M., Wieser, H., Koehler, P., von Tucher, S., Schieberle, P. 2007. Influence of sulphur
 259 fertilization on the amounts of free amino acids in wheat. Correlation with baking properties as well as

with 3-aminopropionamide and acrylamide generation during baking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4271-4277.

IARC, Acrylamide. In *IARC Monographs on the Evaluation of Cancerogen Risk to Humans: Some Industrial Chemicals*, Vol 60, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 1994, 389-433.

Lea, P.J., Sodek, L., Parry, M.A.J., Shewry, P.R. & Halford, N.G. 2007. Asparagine in plants. *Annals of Applied Biology*, 150, 1-26.

Mustafa, A., Andersson, R., Rosén, J., Kamal-Eldin, A., Åman, P. Factors influencing acrylamide content and color in rye crisp bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53, 5985-5989.

Muttucumaru, N., Halford, N.G., Elmore, J.S., Dodson, A.T., Parry, M., Shewry, P.R., Mottram, D.S. Formation of high levels of acrylamide during the processing of flour derived from sulphate-deprived wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54, 8951-8955.

Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenäs, K.-E., Lind, Y., Rosén, J. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food and Chemical Toxicology*, 2003, 41, 1581-1586.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. & Törnqvist, M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50, 4998-5006.

Zhang, Y. & Zhang, Y. Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: a review based on the current state of knowledge, [Critical Review of Food Science & Nutrition](#), 2007, 47, 521-542.

Tabell 1. N och S samt aminosyror och mono- och di-sackarider samt bildad akrylamid vid upphettning, 2008

		S %	N %	Kvot N/S	Akrylamid ug/kg	Protein %	Asparagin mg/kg	Asparagin- syra mg/kg	Glutamin- syra mg/kg	β- alanin mg/kg	Glutamin mg/kg	Fruktos g/kg	Sukros g/kg	Maltos g/kg	Socker Summa
2A II	Amilo	0,14	1,87	14	2600	11,7	819	215	359	2	97	0,6	12,7	6,7	19,9
2B II	Kaskelott	0,12	1,62	14	3100	10,1	1327	317	614	7	200	1,0	15,2	39,7	55,9
2C II	Ottarp	0,12	1,68	13	2600	10,5	1165	273	504	5	136	0,6	13,9	21,7	36,2
2C III	Ottarp	0,12	1,92	16	2500	12,0	1185	262	506	4	134	0,6	14,9	29,4	44,9
2D III	Visello	0,13	1,79	14	2500	11,2	1155	283	536	5	181	0,8	13,0	8,8	22,7
2E II	Marcelo	0,13	1,76	14	2800	11,0	805	188	331	3	128	0,9	13,9	22,0	36,7
2F III	Conduct	0,12	1,73	14	2600	10,8	1152	297	523	6	178	0,6	14,1	12,5	27,3
2C II	Ottarp	0,11	1,31	12	2000	8,2	768	301	229	0	34	0,2	7,2	7,7	15,2
2C III	Ottarp	0,10	1,26	12	1800	7,9	984	340	313	2	56	0,3	9,2	8,2	17,7
2C II	Ottarp	0,10	1,27	13	2300	7,9	1095	303	356	2	60	0,3	7,2	7,9	15,4
2C III	Ottarp	0,10	1,37	14	2300	8,5	1018	294	330	2	52	0,4	7,0	6,2	13,6
101 1	Picasso	0,11	1,76	16	2200	11,0	957	348	540	6	160	0,5	10,3	6,1	17,0
101 5	Amilo	0,13	1,87	14	2100	11,7	1186	448	562	5	192	0,4	10,6	10,4	21,5
101 4	Ottarp	0,12	1,71	14	2000	10,7	964	369	392	2	82	0,4	15,8	19,6	35,9
101 6	Conduct	0,12	1,77	15	2200	11,1	990	435	475	5	172	0,5	11,5	15,4	27,4
101 12	SW 07149	0,12	1,52	13	1800	9,5	825	323	415	3	77	0,4	10,7	13,0	24,0
102 1	Picasso	0,12	1,73	14	2000	10,8	899	356	490	5	142	0,5	9,2	5,1	14,8
203 6	CHD 17	0,11	1,4	13	2500	8,8	1039	426	357	3	72	0,4	9,2	12,0	21,6

Innehåll i spannmål av svavel, kväve, fria aminosyror samt bildad akrylamid vid upphettning av mj		Försök med N och S-gödsling 2009/10 i Gruvad																				Phos-		Phos-		Urea		GABA		Etanol		Orn		1-Mehis		Summa	
Sort	N	S	Akrylamid	N%	%	N/S	Asn	Thr	Ser	Asp	Glu	Pro	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Arg	Pro-	Urea	GABA	Etanol	Orn	1-Mehis	Summa							
Amio	60	0	1300	1.3	0.11	11.8	190	25	18	642	400	98	66	18	63	52	3	2	13	22	24	30	31	128	16	5	16	24	ND	2	ND	1933					
Amio	60	0	1500	1.1	0.10	11.0	226	18	18	638	331	63	41	19	53	46	2	2	7	16	19	21	37	27	108	14	4	18	14	ND	2	ND	1744				
Amio	60	0	1100	1.4	0.12	11.7	192	27	31	669	468	136	18	76	61	2	2	5	18	31	29	42	45	40	144	18	5	23	37	2	3	ND	2212				
Amio	60	20	970	1.2	0.11	10.9	180	24	24	613	389	84	62	18	56	49	3	ND	14	19	22	26	36	31	115	14	4	13	27	ND	ND	2	ND	1829			
Amio	60	20	1300	1.1	0.10	11.0	218	21	23	632	330	64	45	16	54	50	2	1	10	18	20	21	38	25	116	13	5	21	12	ND	2	ND	1762				
Amio	60	20	1100	1.2	0.10	12.0	205	20	19	640	385	80	45	16	54	48	ND	ND	8	19	20	23	37	26	119	13	3	10	13	ND	ND	2	ND	1807			
Amio	60	20	1500	1.6	0.12	13.3	197	24	25	695	395	104	70	18	69	55	2	2	14	23	24	28	44	52	174	16	8	20	27	ND	3	ND	2072				
Amio	200	0	1600	1.6	0.12	13.3	187	21	22	724	404	99	67	17	65	51	2	ND	11	18	23	26	42	59	179	18	7	23	24	ND	2	ND	2063				
Amio	200	0	1500	1.7	0.11	13.5	198	27	31	802	464	169	104	18	80	60	ND	17	31	30	40	47	56	187	17	8	24	39	ND	2	ND	2432					
Amio	200	20	1300	1.7	0.14	14.1	188	29	33	709	421	145	102	20	77	61	4	4	19	29	28	38	46	56	183	19	7	22	39	ND	2	ND	2245				
Amio	200	20	1700	1.7	0.13	13.1	221	28	30	753	437	127	75	20	77	60	4	ND	15	26	27	35	43	56	158	17	6	23	39	2	3	ND	2268				
Amio	200	20	1600	1.6	0.13	12.3	194	30	35	730	449	183	122	19	86	65	3	5	21	34	32	43	49	59	153	18	4	18	30	ND	2	ND	2391				
Kaskeoft	60	0	1400	1.0	0.09	11.1	219	24	26	755	365	85	56	19	68	45	3	ND	12	18	24	24	37	49	29	108	14	3	16	38	ND	2	ND	1971			
Kaskeoft	60	0	1900	1.1	0.09	12.2	234	24	24	752	348	82	67	13	68	44	2	2	13	19	22	23	38	57	160	16	3	22	16	ND	3	ND	1991				
Kaskeoft	60	0	1500	1.1	0.08	13.8	195	29	33	747	451	129	97	18	77	52	4	4	17	30	30	39	43	59	115	19	3	16	31	ND	2	ND	2219				
Kaskeoft	60	20	1300	1.1	0.11	10.0	225	25	28	736	386	91	70	18	67	46	4	3	14	21	24	28	49	41	117	15	3	17	22	ND	1	ND	2032				
Kaskeoft	60	20	1400	1.0	0.09	11.1	242	24	27	763	469	89	71	21	74	49	4	3	13	19	25	27	47	40	108	15	3	18	23	ND	2	ND	2054				
Kaskeoft	60	20	1500	1.1	0.10	11.0	200	25	29	728	411	110	75	17	70	47	3	3	13	24	25	30	49	51	114	15	4	12	22	ND	ND	5	ND	2049			
Kaskeoft	200	0	1900	1.6	0.11	14.5	214	47	60	1024	484	282	265	26	124	81	7	8	37	52	48	71	60	51	192	21	5	27	75	ND	5	ND	3267				
Kaskeoft	200	0	2400	1.5	0.10	15.0	254	37	43	1093	441	207	162	23	112	65	3	5	24	36	38	48	53	40	199	17	2	29	52	ND	3	ND	2989				
Kaskeoft	200	0	2500	1.6	0.10	16.0	219	55	77	1114	554	362	338	28	134	34	90	8	11	47	72	63	99	69	193	23	6	27	74	ND	6	ND	3746				
Kaskeoft	200	20	1700	1.6	0.12	13.3	208	46	56	984	504	311	310	40	130	90	11	11	46	65	59	88	68	59	194	19	3	24	58	ND	3	ND	3038				
Kaskeoft	200	20	1900	1.6	0.12	13.3	214	41	51	986	404	240	210	24	105	73	7	7	32	48	45	65	57	49	194	19	3	24	58	ND	3	ND	3038				
Kaskeoft	200	20	2000	1.7	0.12	14.2	233	48	65	1038	538	296	263	26	119	81	9	11	39	63	52	84	66	54	199	22	2	24	62	ND	4	ND	3400				
Kaskeoft	200	20	2000	1.7	0.12	14.2	233	48	65	1038	538	296	263	26	119	81	9	11	39	63	52	84	66	54	199	22	2	24	62	ND	4	ND	3400				
Ottarp	60	0	1400	1.2	0.10	12.0	213	23	24	763	370	80	54	17	61	47	3	3	14	19	23	24	38	28	112	15	4	16	18	ND	2	ND	1969				
Ottarp	60	0	1600	1.1	0.09	12.2	223	21	23	751	348	78	44	18	58	47	2	2	13	18	22	22	35	24	98	15	2	9	16	ND	2	ND	1890				
Ottarp	60	0	1500	1.1	0.10	11.0	199	29	33	768	421	130	109	18	70	55	5	5	18	31	28	38	42	35	120	15	3	15	32	ND	3	ND	2222				
Ottarp	60	20	1700	1.1	0.10	11.0	209	23	24	713	355	81	51	17	58	43	3	ND	14	18	22	23	37	35	104	15	4	16	16	ND	2	ND	1883				
Ottarp	60	20	1600	1.2	0.11	10.9	213	26	28	785	407	110	76	19	73	52	3	3	17	25	27	29	41	42	136	16	4	15	31	ND	2	ND	2170				
Ottarp	60	20	1500	1.2	0.10	12.0	178	33	36	736	470	136	107	19	73	56	6	6	22	35	35	46	45	44	109	20	4	16	39	ND	3	ND	2288				
Ottarp	200	0	1600	1.7	0.12	14.2	188	48	63	1020	474	307	288	29	136	91	8	9	44	58	54	82	65	56	201	23	6	21	85	ND	5	ND	3363				
Ottarp	200	0	1900	1.7	0.11	15.5	199	48	59	977	445	195	177	38	82	69	5	5	36	54	52	77	63	51	231	18	5	19	37	ND	3	ND	2793				
Ottarp	200	20	1800	1.7	0.13	13.1	194	51	66	976	469	317	292	28	121	98	14	11	52	65	59	94	68	59	201	23	3	18	89	ND	5	ND	2499				
Ottarp	200	20	2000	1.6	0.12	13.3	204	41	49	891	420	230	198	26	113	75	10	9	35	48	45	68	56	47	174	19	2	16	70	3	4	ND	2854				
Ottarp	200	20	1900	1.8	0.13	13.8	207	67	87	1120	548	435	422	35	152	118	16	18	65	97	111	87	76	236	27	3	27	115	4	7	4	ND	4179				
Olvin	60	0	NA	1.6	0.12	13.3	128	9	27	244	317	65	58	14	46	16	ND	3	10	16	24	28	30	21	77	17	ND	7	17	ND	2	ND	1239				
Olvin	60	0	NA	1.7	0.11	15.5	132	9	17	235	284	45	30	12	40	12	1	2	7	14	20	25	16	66	16	4	14	11	ND	2	ND	1035					
Olvin	60	0	NA	1.5	0.12	14.5	136	8	18	226	292	50	32	12	43	15	ND	2	8	14	22	25	25	59	16	4	8	12	ND	ND	2	ND	1043				
Olvin	60	20	NA	1.6	0.11	14.5	138	10	24	242	299	60	36	13	44	16	ND	ND	9	15	21	25	28	19	65	16	1	12	15	ND	2	ND	1100				
Olvin	60	20	480	1.4	0.11	12.7	137	7	16	222	265	44	21	11	37	14	2	3	6	11	20	20	23	14	54	15	1	11	10	ND	1	ND	968				
Olvin	60	20	NA	1.6	0.11	14.5	125	9	22	220	301	59	42	13	46	16	ND	3	9																		