



Til Fødevarestyrelsen

Levering af bestillingen "Sukkerindhold i danske kartoffelsorter"

Fødevarestyrelsen har, i bestillingen fremsendt den 25. februar 2019, bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, om at udarbejde et kort notat om, hvilke kartoffelsorter, danske fødevarer virksomheder med fordel kan anvende til produktion af stegte kartoffelprodukter fx pomfritter eller kartoffelchips for at opnå et lavt indhold af akrylamid i den færdige fødevarer.

Nedenfor følger besvarelsen med titlen "Notat om sukkerindhold i danske kartoffelsorter". Notatet er udarbejdet af Lektor Merete Edelenbos, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet, og den er faglig kommenteret af Lektor Ulla Kidmose fra samme institut.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2019-2022" (punkt 1.13 i arbejdsprogrammet til Ydelsesaftale Fødevarer kvalitet og forbrugeradfærd, ny opgave optaget på opgavelisten ved chefgruppemøde den 23. maj 2019).

Venlig hilsen

Ulla Sonne Bertelsen

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Ulla Sonne Bertelsen

Specialkonsulent

Dato 28.06.2019

Direkte tlf.: 87 15 76 85

Mobiltlf.: 93 50 85 68

E-mail: usb@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Journal 2019-760-001230

Notat om sukkerindhold i danske kartoffelsorter

Af Merete Edelenbos, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

Baggrund

Fødevarestyrelsen har i en bestilling, sendt den 25. februar 2019, bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at udarbejde et kort notat om, hvilke kartoffelsorter, danske fødevarer virksomheder med fordel kan anvende til produktion af stegte kartoffelprodukter fx pomfritter og kartoffelchips for at opnå et lavt indhold af akrylamid i det færdige produkt. Fødevarestyrelsen efterspørger et kort notat, gerne i form af en tabel med oplysninger om danske sorters indhold af akrylamid prækursorer (reducerende sukkerarter og asparagin).

Baggrunden for bestillingen er, at forordning 2017/2158 fastsætter, at fødevarer virksomheder skal anvende kartoffelsorter, som har et lavt indhold af akrylamid prækursorer, så som glukose og fruktose (reducerende sukkerarter) og asparagin til fremstilling af stegte kartoffelprodukter. Fødevarestyrelsen ønsker derfor oplysninger om danske kartofflers indhold af reducerende sukkerarter og gerne også af asparagin for at kunne vejlede fødevarer virksomhederne. Da indholdet af reducerende sukkerarter øges gennem lagring ønsker Fødevarestyrelsen også dette aspekt belyst i det omfang, det er muligt.

Akrylamid i pomfritter og kartoffelchips

I *Steg dine pomfritter rigtigt* (Fødevarestyrelsen, 2019) anbefaler Fødevarestyrelsen at stege pomfritter gyldne og ikke brune for at begrænse akrylamiddannelsen, fordi der er sammenhæng mellem stegefarve og akrylamidindholdet (Figur 1).



Figur 1. Sammenhæng mellem stegefarve og akrylamidindhold i pomfritter stegt ved 185 °C. Fra *Steg dine pomfritter rigtigt* (Fødevarestyrelsen, 2019).

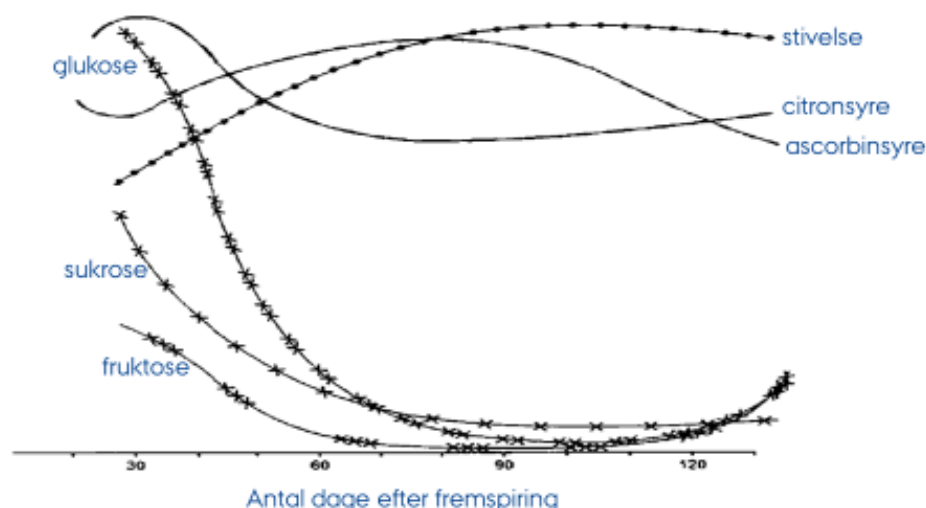
Akrylamid i stegte kartoffelprodukter dannes ved ikke-enzymatisk brunfarvning ved Maillard reaktion under opvarmning ved temperaturer over 120 °C. I Maillard-reaktionen reagerer reducerende sukkerarter, som fx frit glukose og fruktose, med aminosyrer, som fx frit asparagin, og danner akrylamid. Samtidig sker der en kraftig mørkfarvning af produktet afhængig af, hvor kraftig Maillard-reaktionen er (Vinci et al., 2012). Da asparaginindholdet i kartofler som oftest er meget højere end indholdet af frit glukose og fruktose, er det

det samlede indhold af glukose og fruktose, som er en bestemmende faktor akrylamidindholdet i stegte kartoffelprodukter (Vinci et al., 2012). I nogle tilfælde kan indholdet af frit asparagin også bidrage til variationen i akrylamidindholdet, men det sker sjældent (Muttucumaru et al. 2017). I to belgiske undersøgelser fandt forskerne således en korrelation på $r > 0.9$ mellem indholdet af reducerende sukkerarter i tørstof og akrylamidindholdet i pomfritter (de Wilde et al., 2005; 2006), mens der ikke var korrelation mellem sakkarose og akrylamidindholdet eller asparagin og akrylamidindholdet. **Dette notat omfatter således ingen oplysninger om indholdet af asparagin i danske kartoffelsorter, da asparagin synes at have en ringe betydning for akrylamiddannelsen i stegte pomfritter og kartoffelchips.**

Indholdet af reducerende sukkerarter kan bestemmes ved kemisk analyse og/eller vurderes indirekte ved stegning af kartoffeludskæringer under standardiserede temperatur- og tidsforhold efterfulgt af en visuel bedømmelse af produktets brune farve. Det betyder, at stegte kartofler med et højt indhold af reducerende sukkerarter har en mørk farve, mens stegte kartofler med et lavt indhold af reducerende sukkerarter har en lys farve. Stegeprøver udført under standardiserede forhold har den fordel, at de hurtigt kan give en indikation af indholdet af reducerende sukkerarter i råvaren. Ulempen er, at stegeresultaterne kan være laboratorieafhængige og derfor kun kan bruges til interne sammenligninger. **Danske kartoffelsorters egnethed til stegning af pomfritter og kartoffelchips kan vurderes ud fra råvarens indhold af reducerende sukkerarter og/eller brunfarvning i standardiserede stegetests.**

Variation i kartoflers indhold af reducerende sukkerarter og stegefarve

Sukkersammensætningen i kartofler ændres under vækst og udvikling samt under lagring (Figur 2). I starten af væksten, når knoldene er små, er indholdet af glukose og fruktose højt, mens det falder hen igennem vækstsæsonen, når knoldene bliver større og begynder at danne stivelse (Kolbe og Stephan-Beckmann, 1997). I slutningen af lagerperioden stiger indholdet af reducerende sukkerarter igen, når knoldene begynder at spire.



Figur 2. Indholdet af glukose, fruktose, sukrose, stivelse, citronsyre og askorbinsyre under vækst og udvikling af kartofler (Kolbe og Stephan-Beckmann, 1997).

Sorters tidlighed og lagerevne under standardiserede dyrkningsforhold er meget forskellige (*Muttucumaru et al., 2017; de Wilde et al., 2006*), og sorter til stegning af pomfritter og kartoffelchips vurderes derfor nøje i kartoffelindustrien med hensyn til at undgå et højt indhold af reducerende sukkerarter i knoldene og dermed akrylamid. Tidligheden har betydning for knoldenes afmodning og indholdet af reducerende sukkerarter ved høst (*Richardson et al., 1990*), mens lagerevnen har betydning for knoldenes evne til at forblive i dvale og undgå et forhøjet indhold af reducerende sukkerarter som følge af spiring (*Heltoft et al., 2017; de Wilde et al., 2005*). Lagerkartofler til stegning af pomfritter og kartoffelchips behandles med spirehæmmere for at undgå spiring og forhøjet akrylamidindhold i det færdige produkt. I EU, herunder Danmark, behandles lagerkartofler til stegning typisk med spirehæmmeren chlorpropham, men stoffet har ikke fået fornyet godkendelsen i EU¹, da en EU vurdering har påvist risiko for forbrugersikkerheden. Det betyder, at kartoffelindustrien fremover skal finde alternative midler til spirehæmning i lagerkartofler sidst på sæsonen, hvis de skal bruges til stegning af pomfritter og kartoffelchips.

Tørke og oversvømmelse under dyrkning, skader på knoldene under høst og håndtering, samt u hensigtsmæssige lagerforhold (temperaturer under 8 °C og forhøjet kuldioxidkoncentration) kan også føre til et forhøjet indhold af reducerende sukkerarter i knoldene (*Heltoft et al., 2016, Vinci et al., 2012*). Industrien tager derfor en række forholdsregler, når de udvælger kartoffelsorter og -partier til stegning. Der vælges fx så vidt muligt sorter med et kendt lavt indhold af reducerende sukkerarter samt kartofler, der er dyrket under optimale forhold i marken, høstet skånsomt, og som er tilstrækkeligt afmodnet på anvendelsestidspunktet (*Vinci et al., 2012*). Under lagring opbevares kartoflerne ved 8 – 10 °C, og knoldene behandles med spirehæmmere for at undgå spiring og et forhøjet indhold af reducerende sukkerarter på anvendelsestidspunktet (*Vinci et al., 2012*). Hvis indholdet af reducerende sukkerarter er for højt til stegning, er det muligt at nedbringe indholdet ved at opbevare kartoflerne ved forhøjede temperaturer i en periode for at øge respirationen og sukkeromsætningen (*de Wilde et al., 2005*).

I litteraturen og i branchen bruges forskellige metoder til at sikre et lavt indhold af akrylamid i stegete pomfritter og kartoffelchips. Nogle anbefaler at bruge kartofler med mindre end 1 cm lange spire (*de Wilde et al., 2005*), andre at bruge knolde med mindre end 2.6% reducerende sukker i tørstof (*Knowles et al., 2009*), andre at bruge råvarer med under 1 mmol glukose per L væske (oplysninger fra den danske kartoffelindustri) og andre igen, at bruge råvarer, der giver 7 eller derover i stegetests på en farveskala fra 1 (meget mørk) til 9 (meget lys). **Til stegning af pomfritter og kartoffelchips er det vigtigt at anvende råvarer med et lavt indhold af reducerende sukkerarter. Råvarens indhold af reducerende sukkerarter varierer afhængig af:**

- sort
- dyrkningsforhold
- konditionering af knoldene før indlagring
- konditionering af knoldene før forarbejdning
- evt. brug af spirehæmmere under lagring
- opbevaringsforhold
- sæson

Det er således utilstrækkeligt at vælge kartofler til stegning alene ud fra sorten. Det er nødvendigt løbende at kontrollere råvarens indhold af reducerende sukkerarter ved kemisk analyse og eller i standardiserede stegetests for at undgå et forhøjet akrylamidindhold i det færdige produkt.

¹ BEK nr 354 af 02/04/2019 Bekendtgørelse om brug af kemiske stoffer og blandinger i bekæmpelsesmidler
<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/354>

Kartoffelsorter til stegning af pomfritter og kartoffelchips

Aarhus Universitet undersøgte i marts 2014 indholdet af reducerende sukkerarter i 10 forskellige kartoffelsorter med henblik på at afgøre om indholdet af stivelse, reducerende sukkerarter og asparagin i kartofler kunne forudsiges ved hyperspektral analyse (Kjær *et al.*, 2016). Variationen i de undersøgte kartoffelsorter fremgår af Kjær *et al.* (2016). Resultaterne for reducerende sukkerarter i to relevante sorter til stegning ('Royal' og 'Saturna') er vist i tabel 1. 'Royal' bruges både til pomfritter og kartoffelchips og 'Saturna' til fremstilling af kartoffelchips. I dag er 'Saturna' under udfasning på grund af et forhøjet akrylamidindhold efter stegning af lagerkartofler. Som det fremgår af tabellen, havde ingen af de undersøgte sorter et indhold af reducerende sukkerarter i tørstof på under 2.6% sidst på sæsonen (marts), hvilket kan skyldes for lav opbevaringstemperatur (her 5 – 6 °C) og/eller begyndende spiring.

Tabel 1. Indholdet af reducerende sukkerarter (glukose og fruktose) i 'Royal' og 'Saturna' sidst på sæsonen i marts måned. Udarbejdet på baggrund af data fra Kjær *et al.* (2016).

| Sort | Primær anvendelse | Reducerende sukkerarter | |
|---------|-------------------|-------------------------|-------------|
| | | g/100 g frisk vægt | % i tørstof |
| Royal | pomfritter/chips | 0,66 | 3,31 |
| Saturna | chips | 0,69 | 3,02 |

For at kunne udarbejde en tabel til Fødevarestyrelsen med oplysninger om danske sorters egnethed til stegning af pomfritter og kartoffelchips, har Aarhus Universitet indhentet data fra den danske kartoffelindustri i form af brunfarvningsværdier for pomfritter og kartoffelchips efter stegning i standardiserede stegetests (tabel 2). Tabellen omfatter 4 sorter til stegning af pomfritter og 9 sorter til stegning af kartoffelchips. Tabellen er vejledende, men ikke udtømmende, da der hele tiden kommer nye sorter på markedet, og den alene beror på indrapporteringer samt få måledata (tabel 1).

Tabel 2. Danske sorters egnethed til stegning af pomfritter og kartoffelchips¹.

| Sort | Egnethed og testresultater ² | Hovedsæson ³ |
|--------------|---|-------------------------|
| Beo | Egnet til chips. Lys farve i stegetests. Mørkere stegefarve uden for hovedsæsonen. | Oktober - februar |
| Bintje | Egnet til pomfritter, når lagertemperaturen ikke er for lav. Varierende farve i stegetests. | Oktober – februar |
| Fontane | Egnet til pomfritter. Tåler langtidslagring. Lys farve i stegetests i november – februar. Lavt indhold af reducerende sukkerarter, når lagertemperaturen ikke er for lav. | August - juli |
| Kiebitz | Egnet til chips. Lys friteringsfarve i flere års undersøgelser. Tåler langtidslagring. | Oktober - juli |
| Lady Britta | Egnet til chips i efteråret, når lagertemperaturen ikke er for lav. | August - december |
| Lady Claire | Egnet til chips. Lys farve i stegetests. Lang sæson. | Oktober - juli |
| Lady Rosetta | Egnet til pomfritter/chips i den tidlige sæson direkte fra marken. Lys farve i stegetests. | Juli-september |
| Royal | Egnet til pomfritter/chips fra slutningen af efteråret. Lys farve i stegetests. | November - februar |
| Saturna | Måske egnet til chips tidligt i sæsonen? Mørk farve i stegetests i oktober – februar. | August - oktober |
| Sorentina | Egnet til chips. Lys farve i stegetests i hele sæsonen. | Oktober - april |
| Verdi | Egnet til chips. Lys farve i stegetests i hele sæsonen. | Oktober - maj |

¹Udarbejdet juni 2019 på baggrund af indrapporteringer fra fire danske kartoffelvirksomheder samt data fra Aarhus Universitet. Tabellen er vejledende, men ikke udtømmende, da der hele tiden kommer nye sorter på markedet, og den alene beror på indrapporteringer og få måledata.

²Kartofler til stegning af pomfritter og kartoffelchips skal opbevares ved 8 - 10 °C for at undgå sukkerdannelse og mørk friteringsfarve. Et forhøjet sukkerindhold kan nedbringes ved at opbevare kartoflerne ved forhøjede temperaturer (> 10 °C) i en periode.

³Sæsonen er kortere, hvis kartoflerne fx begynder at spire, fordi der ikke bruges spirehæmmere. Det betyder, at indholdet af reducerende sukkerarter vil være højere end ellers med risiko for et forhøjet akrylamidindhold i de færdigstegete produkter.

Litteratur

Fødevarestyrelsen (2019). Steg dine pomfritter rigtigt. https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollection/Documents/Kemi%20og%20foedevarekvalitet/Procesforureninger/acrylamid_fotos_pomfritter.pdf. Downloadet 21. juni 2019.

Heltoft P, Wold A-B, Molteberg EL, 2016. Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing potatoes with different maturity levels at harvest, *Postharvest Biology and Technology* 117, 21-29.

Heltoft P, Wold A-B, Molteberg EL, 2017. Maturity indicators for prediction of potato (*Solanum tuberosum* L.) quality during storage. *Postharvest Biology and Technology* 129, 97-106.

Kjær A, Nielsen G, Stærke S, Clausen MR, Edelenbos M, Jørgensen B, 2016. Prediction of starch, soluble sugars and amino acids in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) using hyperspectral imaging, dielectric, and LF-NMR methodologies. *Potato Research* 59, 357-374.

Knowles NR, Driskill EP, Knowles LO, 2009. Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology* 52, 49-61.

Kolbe H, Stephan-Beckmann SS, 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research* 40, 135-153.

- Muttucumaru N, Powers SJ, Elmore JS, Dodson A, Briddon A, Mottram DS, Halford, NG, 2017. Acrylamide-forming potential of potatoes grown at different locations, and the ratio of free asparagine to reducing sugars at which free asparagine becomes a limiting factor for acrylamide formation. *Food Chemistry* 220, 76-86.
- Richardson DL, Davies HV, Ross A, 1990. Potato tuber sugar content during development and storage (10 °C): possible predictors of storage potential and the role of sucrose in storage hexose accumulation. *Potato Research* 33, 241-245.
- Vinci RM, Mestdagh F, De Meulenaer B, 2012. Acrylamide formation in fried potato products - present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry* 133, 1138-1154.
- de Wilde T, de Meulenaer B, Mestdagh F, Govaert Y, Vandeburie S, Ooghe W, Fraselle S, Demeulemeester K, van Peteghem C, Calus A, Degroodt J-M, Verhé R, 2005. Influence of storage practices on acrylamide formation during potato frying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 6550–6557.
- de Wilde T, de Meulenaer B, Mestdagh F, Govaert Y, Ooghe W, Fraselle S, Demeulemeester K, van Peteghem C, Calus A, Degroodt J-M, Verhé R, 2006. Selection criteria for potato tubers to minimize acrylamide formation during frying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 2199–2205.